

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматизації експериментальних досліджень

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК 616-001.17

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Туз Ю.М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код та назва спеціальності)

на тему: Інформаційно-вимірювальна система оцінки параметрів опікових уражень на базі технології штучного інтелекту

Виконав (-ла): студент (-ка) II курсу, групи ВА-81мп

(шифр групи)

Ніколаєва Катерина Дмитрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник професор кафедри АЕД, д.т.н., доцент Шевченко К.Л.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант Розробка стартап-проекту д.е.н., доцент Бояринова К.О.

(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент зав. кафедри хірургічної стоматології та

щелепно-лицевої хірургії, професор,

член-кореспондент НАМН України Маланчук В.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали).

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Інститут (факультет) Приладобудівний факультет

(повна назва)

Кафедра Автоматизації експериментальних досліджень

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Туз Ю. М.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Ніколаєвій Катерині Дмитрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Інформаційно-вимірювальна система оцінки параметрів опікових уражень на базі технології штучного інтелекту

науковий керівник дисертації Шевченко Костянтин Леонідович, д.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» 11 2019 р. № 3848-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження Процес оцінки глибини термічних опіків на основі аналізу термографічних зображень

4. Предмет дослідження Підвищення вірогідності оцінки глибини опіків шляхом використання технологій штучного інтелекту

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз опікових уражень та їх характерних ознак. 2. Дослідження методів вимірювання параметрів опікових уражень та вибір базового методу досліджень. 3. Аналіз термографічних зображень опікових ран, вибір програмних методів, розробка алгоритму та мобільного додатку для оцінки глибини термічних опіків. 4. Експериментальні дослідження роботи мобільного додатку. 5. Розробка стартап проекту.

6.Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Характеристика опіків та їх характерних ознак. Класифікація методів оцінки глибини опіків. Аналіз особливостей термографічного методу оцінки глибини опіків. Алгоритм обробки термографічних зображень. Результати експериментальних досліджень.

7. Орієнтовний перелік публікацій «Інформаційно-вимірювальна система оцінки характеристик опіків на базі технології штучного інтелекту»

Ніколаєва К.Д. Штефура Ю.В.

«Термометрична система оцінки опікових уражень на базі технології штучного інтелекту» Ніколаєва К.Д., Шевченко К.Л.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Бояринова К.О.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз джерел інформації	15.07.2019	
2	Аналіз обраного рішення	22.08.2019	
3	Розробка програмного забезпечення	10.09.2019	
4	Тестування готової моделі системи	1.10.2019	
5	Підготовка та оформлення пояснювальної записки	15.10.2019	
	Представлення роботи до попереднього захисту	10.12.2019	

Студент

(підпис)

Ніколаєва К.Д.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Шевченко. К.Л.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Інформаційно-вимірювальна система оцінки параметрів опікових уражень на базі технології штучного інтелекту», 108 сторінок, 2 додатки.

Об’єкт дослідження: Процес оцінки глибини термічних опіків на основі аналізу термографічних зображень.

Предмет дослідження: Підвищення вірогідності оцінки глибини опіків шляхом використання технологій штучного інтелекту.

Мета роботи: Пошук вдосконаленого рішення для безконтактного аналізу характеристик глибини ураженої опіками шкіри.

Методи дослідження та апаратура: Аналіз технічної документації та інших джерел, пов’язаних з проблемами дослідження, експериментальні дослідження, зроблені на основі програмного забезпечення за допомогою мов програмування Swift та Python та фреймворків Core ML, Create ML і Turi Create.

Результати роботи та їхня новизна: Для вирішення проблеми аналізу уражень шкіри уже заздалегідь навчена машинна модель інтегрується в мобільний додаток, написаний на мові програмування Swift, та при завантаженні нових теплових зображень з високою точністю може визначити усі характеристики опіку. Таким чином процес діагностики, та, відповідно, вибір правильного підходу до способу надання медичної допомоги стає швидшим, кращим та прогресивнішим порівняно з уже відомими методами.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: Розроблений програмний продукт має велику цінність для використання запропонованої технології в медицині, а також в інших сферах аналізу та обробки даних, отриманих шляхом навчання моделі для створення власної нейронної мережі.

Ключові слова: *опіки, термометрія, штучний інтелект, модель машинного навчання, нейронна мережа, Core ML, Create ML.*

ABSTRACT

Master's thesis: "Information-measuring system of estimation of parameters of burn lesions on the basis of artificial intelligence technology".

Object of research: The process of estimating the depth of thermal burns based on the analysis of thermographic images.

Subject of research: Increasing the likelihood of assessing the depth of burns using artificial intelligence technologies.

Objective: Finding the perfect solution for contactless analysis of the depth characteristics of skin burns.

Research methods and equipment: Analysis of technical documentation and other sources related to research problems, experimental studies based on software using Swift and Python programming languages and Core ML, Create ML and Turi Create frameworks.

Results of work and their novelty: To solve the problem of skin lesion analysis, a pre-trained machine model integrates into a mobile application written in Swift programming language, and when downloading new thermal images with high accuracy, can determine all burn characteristics. In this way, the process of diagnosis and, accordingly, the choice of the right approach to the method of providing medical care becomes faster, better and more progressive than already known methods.

Recommendations on the use of work results: The developed software product is of great value for the use of the proposed technology in medicine, as well as in other fields of analysis and processing of data obtained by training the model to create its own neural network.

Keywords: *burns, thermometry, artificial intelligence, machine learning model, neural network, Core ML, Create ML.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ ТА ЇХ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК ..	12
1.1 Види опіків та їх особливості.....	12
1.2 Клінічні ознаки ступеня опіку	17
1.3 Аналіз інструментальних методів визначення глибини ураження при опіках.....	20
1.3.1 Методи доплерівської флоуметрії	22
1.3.2 Методи ультразвукової діагностики глибини термічних пошкоджень	23
1.3.3 Рентгенографічні методи дослідження глибини термічних пошкоджень	24
1.3.4 Термографічні методи дослідження глибини термічних пошкоджень	25
Висновки	27
2 АНАЛІЗ БАЗОВОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИБІР МЕТОДИКИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	28
2.1 Термометричний метод аналізу теплових полів	28
2.2 Технології штучного інтелекту та їх застосування для аналізу термографічних зображень	31
Висновки	36
3 ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ	37
3.1 Апаратна частина інформаційно-вимірювальної системи.....	37
3.2 Програмні методи реалізації інформаційно-вимірювальної системи	40
3.3 Створення машинної моделі на базі використання технології Create ML	41

3.4 Розробка алгоритму та мобільного додатку для оцінки глибини термічних опіків	46
Висновки	58
4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ».....	60
4.1 Опис ідеї проекту	60
З чотирьох проаналізованих характеристик, три з них є сильною стороною проекту, одна слабка. Це означає що в проекті домінують сильні сторони, він має вагомі переваги у низькій вартості над аналогами, та не поступається їм у сучасності та технологічності, що, в свою чергу, позитивно показує усі можливості даного проекту стати успішним.	62
4.2 Технологічний аудит проекту	62
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	63
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	69
4.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту	73
4.7 Висновки до розділу.....	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	86
ДОДАТОК А. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	89
ДОДАТОК Б. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ.....	95

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

MWIR - Mid-Wave Infrared (інфрачервоний сигнал середньої хвилі)

LWIR – Long-Wave Infrared (інфрачервоний сигнал довгої хвилі)

ML – Machine Learning (машинне навчання)

ІІІ – штучний інтелект

ВСТУП

Актуальність теми. Опіки можуть бути незначними медичними проблемами або взагалі надзвичайними ситуаціями, що несуть велику небезпеку для життя та здоров'я людини. Лікування опіку залежить від місця ушкодження і тяжкості травми. Невеликі опіки зазвичай лікують в домашніх умовах. Глибокі або широко поширені опіки потребують негайної медичної допомоги. Люди з важкими формами опіків часто потребують лікування в спеціалізованих опікових центрах. Їм можуть знадобитися шкірні трансплантати для покриття великих ран або для мінімізації рубців з глибокими ранами. Для визначення тяжкості травми при опіках існує багато впливаючих факторів, в першу чергу таких як глибина і площа термічного ураження. При термічних опіках шкіри, виникаючих внаслідок впливу високої температури, відзначають порушення в білковій структурі клітин шкіри та їх загибель. При цьому чим більший вплив температури, тим глибшим є ураження шкіри та більш виразна симптоматика.

Оскільки існує багато застарілих методів оцінки опіків було проведено їх порівняльну характеристику і описано альтернативний метод для покращення та надання більшої ефективності у дослідженні ураження та пришвидшення встановлення точного діагнозу і початку лікування.

Отже, актуальність даного рішення полягає в тому, що на даний момент не має зручного і швидкого методу точної оцінки ступеню і характеристик опіку і тому розроблений у ході даної роботи мобільний додаток - є чудовою сучасною альтернативою існуючим методам аналізу.

Об'єктом дослідження є процес оцінки глибини термічних опіків на основі аналізу термографічних зображень

Предмет дослідження виступає підвищення вірогідності оцінки глибини опіків шляхом використання технологій штучного інтелекту.

Методи дослідження. Для вирішення проблеми автоматизації діагностики опікових уражень шкіри було проведено аналіз технічної документації та інших джерел, пов'язаних з проблемами дослідження, експериментальні дослідження, зроблені на основі програмного забезпечення за допомогою мов програмування Swift та Python та фреймворків Core ML, Create ML і Turi Create.

Практичне значення отриманих результатів. У ході роботи було проведено аналіз методів створення власної нейронної мережі, обґрунтовано переваги кожного з них та наведено порівняльні характеристики точності тренування машинних моделей. При створенні за отриманими експериментальними результатами порівняльної характеристики способів створення та тренування моделей машинного навчання було обрано кращу модель для подальшого її інтегрування у мобільний додаток.

Апробація результатів роботи. Основні положення і висновки дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 19-й Міжнародній науково-технічній конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» (ВОТТП-19-2019) та XV Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні”.

Особистий внесок магістранта – розроблена машинна модель, яка навчена на тренувальних даних у вигляді класифікованих зображень опіків різного ступеню у тепловому інфрачервоному діапазоні та інтегрована в мобільний додаток, написаний на мові програмування Swift під операційну систему iOS. При завантаженні нових теплових зображень система з високою точністю може визначити усі характеристики опіку.

Новизна та наукова цінність результатів магістерської дисертації полягає у створенні нового автоматизованого способу аналізу та діагностики характеристик опікових уражень шкіри на базі їх теплових знімків з використанням технології штучного інтелекту. Готове рішення буде

використано для пришвидшення встановлення правильного діагнозу постраждалим.

Галузь застосування – розроблена система є актуальною для використання даної технології у медичних діагностичних та опікових центрах. Дане рішення допоможе покращити методи аналізу та діагностики опікових уражень, а також допоможе лікарям пришвидшити призначення правильного лікування постраждалому.

1. АНАЛІЗ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ ТА ЇХ ХАРАКТЕРНИХ ОЗНАК

1.1 Види опіків та їх особливості

На сьогоднішній день майже кожна людина в певний момент свого життя страждала від термічного, хімічного або сонячного опіку. Опіки - комплексна травма внаслідок високотемпературного, хімічного, електричного або радіаційного впливу на тіло, яке руйнує і / або пошкоджує шкіру і підлеглі тканини [1]. Механізми утворення опіків під дією різних факторів розрізняються, тому в даній роботі розглядаються лише теплові опіки. Теплові опіки відбуваються у випадках, коли певна частина клітин шкіри або інших біологічних тканин піддається руйнівному впливу різних середовищ:

- гарячих рідин (опіки окропом або паром);
- гарячих твердих предметів (контактні опіки);
- відкритого полум'я (опіки полум'ям).

В ряді випадків можлива комбінована дія зазначених середовищ, що призводить до збільшеного ризику травмування та поглиблення пошкоджень тканин.

В результаті теплового впливу виникає так звана опікова хвороба, яка, на загальну думку лікарів, є найскладнішою за наслідками серед усіх інших наслідків травмування людини [2].

Опікова хвороба - складний симптомокомплекс, пов'язаний зі значною втратою або пошкодженням шкірних покривів (викликаний термічним, хімічним, електричним або променевим впливом), що характеризується наявністю загальних реакцій організму і порушенням функцій внутрішніх органів з можливістю розвитку незворотних патологічних процесів.

Важкість стану потерпілих при опіках визначається багатьма факторами, в першу чергу такими факторами є глибина і площа термічного ураження [3].

Сьогодні у світовій медичній практиці не існує єдиної загальноприйнятої класифікації опіків. Так, за прийнятою в Україні класифікацією [4] опіки за глибиною ураження тканин поділяють на 4 групи та 2 підгрупи. Зокрема виділяють поверхневі опіки (I, II, III а ступені) та глибокі опіки (III б і IV ступені). Характерними їх ознаками є наступне:

- I ступінь - гіперемія шкіри;
- II ступінь - відшарування епідермісу з утворенням пухирів;
- IIIа ступінь - омертвіння поверхневих шарів шкіри зі збереженням волосяних цибулин, потових і сальних залоз;
- III б ступінь - загибель всієї дерми;
- IV ступінь - некроз шкіри і розташованих під нею тканин.

На рис. 1.1 наведено схематичні зображення ураження тканин при різних ступенях опіку.



Рисунок 1.1 – Перші три ступені опіків

На відміну до прийнятої в Україні, міжнародна класифікація МКБ-10 [5] визначає всього три ступеня поділу опіків за глибиною:

- I - поверхневий опік (відповідає I ступеню за прийнятою в Україні класифікацією);
- II - поверхневий з ураженням епідермального шару і верхнього шару дерми (відповідає II і III а ступеням);
- III - глибокий опік - тотальний некроз дерми (відповідає III б і IV ступеням).

Відсутність однозначного підходу до класифікації опіків у світовій практиці їх лікування суттєво ускладнює як однозначну діагностику опіків, так і формування методики їх лікування у кожному конкретному випадку.

Важливість раннього визначення глибини теплового ураження тканин обумовлена багатьма причинами.

Перш за все, це обумовлено процесом перебігу опікової хвороби при різних ступенях ураження тканини. Для більш детального розгляду особливостей перебігу опікової хвороби в таблиці 1.1 наведено характерні ознаки та наслідки опіків різних ступенів [6].

Таблиця 1.1.

Клінічні ознаки різних ступенів теплового ураження

Ступінь опіку	У перші години після травми	Перебіг ранового процесу
1	2	3
I	Гіперемія і набряк шкіри, що супроводжуються пекучим болем	Гіперемія і набряк проходять через 2-3 дні, поверхневі шари епідермісу злущуються, загоєння настає до кінця першого тижня
II	Гіперемія і набряк шкіри з відшаруванням епідермісу і утворенням пухирів, наповнених прозорою рідиною.	Сильні болі в протязом перших 2...3 днів. Через 3...4 дні, починається епітелізація опікової поверхні. Повне загоєння настає на 10...14-й день. Рубців ці опіки не залишають, але гіперемія і пігментація можуть зберігатися протязом декількох тижнів
Продовження таблиці 1.1.		
1	2	3
III а	Епідерміс повністю відсутній, м'які покривні	Рановий процес протікає з нагноєнням. Очищення рани триває

	тканини набряклі, напружені. Поверхня опіку білястого забарвлення або покрита сухуватим струпом, судинний малюнок відсутній, больова і тактильна чутливість знижені.	2 тижні, загосення відбувається через 3...4 тижні за рахунок крайової та острівкової епітелізації (зі збережених дериватів шкіри). В результаті репаративного процесу часто утворюються стійка пігментація, гіпертрофічний або колоїдні рубці
III б	Некроз всієї товщі шкіри, що має вигляд щільних сухих буро-коричневих струпів. В їх товщі помітні тромбовані підшкірні вени. Струп щільно спаяний з підлеглими тканинами, не збирається в складку. Больова і тактильна чутливість відсутні.	Гнійно-демаркаційне запалення триває 2...3 тижні. Потім рана поступово очищається від відмерлих тканин і під кінець 3...4-го тижня виконується грануляціями, придатними до вільної аутодермопластики
IV	Некроз шкіри і підлеглих тканин: м'язів, кісток, сухожиль, суглобів. Струп щільний і товстий, іноді чорного кольору з ознаками обуглювання.	Омертвілі тканини відторгаються повільно, особливо при ураженні сухожиль, кісток і суглобів. Часто виникають гнійні ускладнення

Аналіз наведеної таблиці показує, що поверхневі опіки характеризуються можливістю відновлення шкірного покриву шляхом самостійної епітелізації. Така можливість існує при опіках I, II та частково III а ступеню, тому будь які хірургічні втручання при поверхневих опіках лише погіршують стан постраждалого та збільшують термін лікування.

Зазвичай зустрічається поєднання поверхневих і глибоких опіків, тому важливо якомога раніше диференціювати глибину ураження.

Глибока опікова травма характеризується як первинним руйнуванням покривних тканин під час впливу травмуючого агенту, так і вторинним, більш глибоким руйнуванням тканин [7]. Це проявляється в ішемічних

змінах, які виникають в результаті порушення циркуляції крові та клітинної рідини. Клітини гинуть через збільшений внутрішньоклітинний об'єм рідини, який слідує за збільшенням ядра і розривом мембрани. До того ж відбувається прогресивна денатурація клітинного протеїну, яка стає незворотною при температурі вище 45°C. Одночасно відбувається процес інактивації ензимів, і, коли більше 50% клітинних ензимів респіраторного ланцюга інактивується, клітина гине.

Наслідком отримання глибоких опіків є опіковий шок - патологічний процес, який розвивається при великих термічних ураженнях шкіри і глибоких тканин [8]. В залежності від площі і глибини ураження, а також своєчасності та адекватності лікування він може тривати до 72 годин і більше. Ця стадія опікової хвороби проявляється розладами гемодинаміки і мікроциркуляцій, порушенням функцій нирок, шлунково-кишкового тракту та психоемоційної сфери.

Як зазначалось, шоковий період опікової хвороби триває в середньому 2...3 дні. При цьому термічні пошкодження первинно викликають коагуляційний некроз і загибель клітин з тромбозом судин в зонах найбільш глибокого ураження. Навколишні тканини зазвичай уражені в меншій мірі, в них нечітко виділяються зони стазів і гіперемії. Якщо такому потерпілому швидко не розпочати відповідні терапевтичні процедури або хірургічне видалення загиблих шарів тканини, опіковий шок розвивається. В результаті пошкоджені, але життєздатні тканини в опіковій рані піддаються некрозу, збільшуючи площу глибокого ураження. У пошкоджених тканинах підвищується судинна і капілярна проникність, що приводить до набряку та інших негативних проявів [9].

Таким чином, дуже важливим є визначення глибини опіку протягом перших годин після отримання травми.

1.2 Клінічні ознаки ступеня опіку

Для визначення глибини опіку у медичній практиці застосовують клінічні симптоми [10]. Їх прийнято поділяти на три види:

- ознаки змертвіння;
- ознаки порушення кровообігу;
- стан больової чутливості.

Такі ознаки використовують при первинному огляді постраждалих та на їх основі роблять висновок про ступінь опіку. В той же час їх аналіз викликає інтерес з точки зору можливості використання в якості інформативних параметрів для апаратної оцінки глибини опікових уражень. Розглянемо ознаки ступеня опіку та методи їх оцінки, які прийнято називати фізикальними, детальніше.

Ознаки змертвіння.

Під час огляду орієнтуються на клінічні ознаки характерні для різних ступенів опіку (гіперемія, набряк, наявність бульбашок і відмерлих тканин).

Залежно від вражаючого фактору, тривалості та інтенсивності теплового впливу колір шкіри може бути різним. При опіках I і II ступенів (в ранні терміни після отримання травми) переважають рожевий або червоний кольори в зоні пошкодження. У разі більш глибоких опіків при не відшарувалися епідерміс шкіра може мати білий, жовтий, темно-бурий або навіть чорний колір. При дії полум'я ця послідовність колірної гами відображає ступінь теплового впливу на тканину наступним чином: чим темніший колір шкіри - тим більш інтенсивним було прогрівання тканини. При опіках I-II ступеня ділянок некрозу немає.

При дії термічного фактору відбувається ущільнення шкіри, змінюються її фізичні властивості (електропровідність, теплопровідність і ін.). У разі відшарування бульбашок рожевий або червоний колір оголеною дерми свідчать про опіку II ступеня, а блідий або багряний - про більш глибокому ураженні.

При ураженні III ступеня епідерміс нерідко спаяний з підлеглими тканинами. При цьому колір дерми білий або сірий. При опіках III ступеня, викликаних дією полум'я, шкіра жовтого або бурого кольору пергаментного щільності, суха.

Опікові рани, викликані дією гарячої води, виглядають інакше. Часто на ураженій ділянці з'являються бульбашки. Бульбашки можуть бути інтраепідермальними і інтрадермальними. Необхідно пам'ятати, що через короткий час після травми бульбашок на обпалених ділянках шкіри може не бути. При термічних поразках вони можуть з'явитися через кілька хвилин або через кілька годин після травми і продовжувати з'являтися протягом декількох діб в зв'язку з поступовим відшаруванням епідермісу.

Поява струпа свідчить про наявність опіків III а, III б і IV ступеня. Для глибоких опіків характерні різні поєднання сухого і вологого некрозів. Провести шляхом візуального огляду більш точну диференціальну діагностику глибоких опіків в перші часи досить важко. Найчастіше вона носить гаданий характер.

Ознаки порушення кровообігу.

За інформацією різних авторів [11, 12] в залежності від ступеня порушення кровообігу опік ділять на три зони:

- зону гіперемії;
- зону стаза;
- зону повної відсутності кровообігу.

У зоні гіперемії шкіра рожевого кольору, блідне при натисканні. Це свідчить про збереження кровообігу.

У зоні стазу шкіра при натисканні не змінює колір. Виражений стаз розвивається до кінця першої доби. Тому проба вважається інформативною тільки до цього терміну. Зона стазу відповідає ділянці глибокого пошкодження. Надалі тут формується некротичний струп.

Зона повної відсутності кровообігу відповідає ділянкам вологого або сухого некрозу. Вірогідною ознакою глибокого пошкодження є наявність тромбованих вен.

Морфологічні зміни в першій зоні оборотні. У другій можуть бути оборотними, а можуть закінчитися змертвінням. Третя зона включає вже загиблі тканини. Тому ділянки з зонами стазу і повної відсутності кровообігу слід розцінювати як глибокі опіки.

Стан больової чутливості.

Больову чутливість у клінічній практиці визначають різними шляхами. Найбільш розповсюджені уколи голкою або обробка опікової поверхні спиртом [13]. При опіках I і II ступеня пошкоджені ділянки різко болючі. У разі опіку III а ступеня больова чутливість значно знижена. При глибоких опіках III б і IV ступеня больова чутливість зникає.

Уколи голкою. Послідовно торкаються не уражених ділянок шкіри гострим і тупим кінцями ін'єкційної голки для того, щоб потерпілий усвідомив різницю у відчуттях. Потім наносять поверхневі уколи в зоні пошкодження і відзначають, наскільки вірно потерпілий зазначає характер впливу. При опіках II ступеня має місце гіперестезія, і навіть дотик тупим кінцем голки може сприйматися болюче. При прикордонному ураженні II-III ступеня відзначається гипостезія і при поверхневих уколах не виникає почуття болю. В цьому випадку наносять більш глибокі уколи, які потерпілий вже відчуває. Чим глибше ураження шкіри - тим більш виражені порушення чутливості. Це пов'язано з різною глибиною розташування больових рецепторів. При глибоких опіках глибокі уколи на всю товщину шкіри безболісні.

Аплікація до поверхні рани марлевого кульки, змоченого дратівливими рідинами, застосовується для визначення чутливості пошкоджених тканин. Для цієї мети найчастіше використовують етиловий алкоголь.

Визначити глибину ураження можна також шляхом висмикування на ділянці опіку окремих волосин. У разі поверхневих опіків волосся

видаляються з зусиллям, а процес епіляція супроводжується болем. При глибоких опіках волосся висмикуються легко і безболісно.

Але, слід зауважити, що методи, засновані стану больової чутливості носять вкрай суб'єктивний характер. Обумовлено це поперед за все станом потерпілого, поріг больової чутливості якого може суттєво змінюватись від важкості отриманої травми.

Спираючись на методи клінічного обстеження, вже в ранні терміни вдається встановити наявність і відсутність глибоких опіків. Однак достеменно визначити межі глибокого ураження такими способами неможливо. Тому, як правило, вони уточнюються в процесі лікування.

Аналіз розглянутих основних клінічних ознак ступеня опіку показує, що для об'єктивізації оцінки недостатньо візуального огляду потерпілого, необхідним є використання методів, які незалежно від стану потерпілого та досвіду лікаря дозволяють оцінити глибину ураження. При цьому, як показали дослідження, за виглядом поверхні опікової рани або станом больової чутливості визначити глибину опіку вдається далеко не завжди. Про використання інструментальних методів для визначення глибини опіку мова взагалі не іде. Тому єдиною ознакою глибини опіку, яка може використовуватись у якості інформативного параметру, це наявність кровообігу в ураженій зоні.

1.3 Аналіз інструментальних методів визначення глибини ураження при опіках

З метою об'єктивізації діагностики глибини опіку у медичній практиці запропоновані спеціальні методи [14-18], такі, як прижиттєве забарвлення тканин барвниками, флюоресценції, флоуметрія, термометрія та ін. Розглянемо їх детальніше.

Використання барвників. Раніше вкрай популярною була ідея використання барвників, нанесення яких на рани або введення в кровоносне

русло дозволило б візуалізувати порушення в шкірі під впливом термічного агенту. Нерідко такі барвники називали вітальними (барвники з низькою гострою токсичністю), оскільки вони по-різному фарбували життєздатні і мертві тканини. Відомі спроби введення таких речовин: дісульфанового синього, синього Еванса, діміфена блакитного, конго червоного, блакитного бромфенола, patent blue та ін. Описано метод, коли для визначення глибини опіку на уражену шкіру наносили 0,2% кислого фуксину в напівнасиченому 1% розчині пікринової кислоти. При цьому ділянки опіку I і II ступенів фарбувалися у яскраво-рожевий колір, глибокі опіки мали яскраво-жовте забарвлення, При більш глибокому ураженні II ступеня мали місце проміжні варіанти забарвлення. Внутрішньовенно вводили також деякі флуоресцентні барвники: флюоресцеїн, флюорескамін, окситетраціклін і ін. Після цього шкіру опромінювали ультрафіолетом і відзначали наявність світіння. Цей метод дозволяв проводити диференційну діагностику глибоких і поверхневих уражень. Спроби використання цих барвників не дали очікуваних результатів у зв'язку з наявністю побічних ефектів, тому немає підстав рекомендувати ці методи для клінічного застосування і в даний час методи, засновані на внутрішньовенному введенні барвників, представляють лише історичний інтерес.

Використання радіоактивних ізотопів. На подібному принципі (виявленні порушень кровообігу після внутрішньовенного введення ізотопів ^{32}P і ^{133}Xe) заснований сцинтиграфічний метод діагностики. Через високої складності технології ці методи не знайшли застосування в практиці.

Імпедансометрія. Метод заснований на вимірюванні повного опору змінного струму на різних частотах і подальшому визначенні коефіцієнта поляризації. При розвитку деструктивних процесів в тканинах (цитолізу, некрозу, дистрофії та атрофії) коефіцієнт поляризації має тенденцію до зниження, вираженість якого відображає глибину ураження. Цей метод не знайшов широкого застосування в практиці.

Термографія, що проводиться за допомогою тепловізора або контактним методом, дозволяє проводити диференційну діагностику глибоких і поверхневих опіків. При наявності вологого струпа термографіческая картина спотворена, нерідко мають місце випадки гіпердіагностики.

Термометрія, полярографія, ультразвукове дослідження і визначення рН на поверхні і в глибині ран виявилися мало-інформативними.

Інфрачервоне зондування - метод, заснований на реєстрації відбитого потоку світла інфрачервоного спектра, дозволяє проводити диференційну діагностику глибоких і поверхневих поразок.

Останнім часом широко застосовуються методи флоуметрії, які за допомогою лазерного або ультразвукового дослідження дозволяють оцінити наявність чи відсутність кровообігу на травмованій ділянці шкіри.

Розглянемо ці методи більш детально.

1.3.1 Методи доплерівської флоуметрії

В медичній практиці запропоновані різні методи та способи діагностики життєздатності шкіри за допомогою лазерної доплерівської флоуметрії. Наприклад в роботі [19] пропонується використовувати для визначення глибини опікової рани лазерну доплерівську флоуметрію. Авторами визначено, що якщо при дослідженні тканини мікроциркуляція є - діагностується поверхневий дермальний опік, а при загибелі шкіри більш як 1 мм мікроциркуляції немає і діагностується глибокий дермальний опік. Але, для отримання достовірних результатів недостатньо показників мікроциркуляції лише на окремій ділянці шкіряного покриву, необхідно враховувати загальний стан судинної системи та індивідуальні особливості організму.

Розвитку цей метод набув у роботі [20]. Автори пропонують визначати глибину ураження шкіри за допомогою визначення змін

середньоарифметичних показників мікроциркуляції відносно параметрів неуразеної ділянки. Завдяки порівнянню показників мікроциркуляції уражених та не уражених ділянок виявляють загиблі ділянки шкіри.

Недоліком обох підходів є те, що лазерна доплерівська флоуметрія виконується без врахування локального чи загального спазму судин тканини, зумовлених опіковим шоком чи гіперемії при запаленні, що може призвести до гіпо- чи гіпердіагностики. Також недоліком є те, що поверхневі пошкодження перешкоджають проникненню променя лазера в тканини, що викликає значні похибки діагностики глибини термічного пошкодження.

1.3.2 Методи ультразвукової діагностики глибини термічних пошкоджень

Підвищенню вірогідності результатів досліджень сприяє використання комбінованих методів. Так, в роботі [21] автори пропонують спосіб діагностики тяжкості опікового ураження, який включає оцінку стану тканин за даними доплерографічного та еластографічного ультразвукових досліджень, їх порівняння та вибір тактики оперативного втручання. Спосіб дозволяє відтворити картину кровотоку в тканинах, прилеглих до зони ушкодження, і тим самим зробити висновок про глибину, характер ушкодження та його ступінь.

Але все це стосується тканин, які розташовані поблизу проходження магістральних судин, які досяжні для апаратного дослідження (як правило, на кінцівках). В інших місцях ці дані або неможливо отримати, або вони не вірогідні. Також суттєвим недоліком є те, що соноеластографічні дані отримують лише в глибині розсічених коагуляційно-некротичних тканин (крізь некротомні отвори) для уточнення ступеня їх ураження або збереженості. Тобто отримання цих даних є не тільки травматичним, але і відстроченим в часі.

В роботі [22] теж запропонований комбінований підхід до оцінювання тяжкості термічного ураження. Він полягає в оцінці стану тканин за даними доплерографічного та еластографічного ультразвукових досліджень, їх порівняння та вибір тактики оперативного втручання. Особливістю є те, що еластографічне дослідження виконують в зонах, де неможливо виконати доплерографічне дослідження.

Виконання еластографічного дослідження в зонах, де неможливо виконати та адекватно оцінити результати доплерографічного дослідження (поза зонами розташування магістральних судин) дозволяє дати оцінку стану цих тканин і динаміки процесів, які в них відбуваються, а також своєчасно виявити зростання ішемії цих зон за рахунок підвищення в них внутрішньотканинного тиску та початку розвитку процесів некробіозу.

Але, як і в попередньому випадку, цей метод є травматичним.

1.3.3 Рентгенографічні методи дослідження глибини термічних пошкоджень

Відсутність однозначних позитивних результатів оцінки глибини термічних пошкоджень призводить до поширення застосовуваних для діагностики методів. Так, в роботі [23] автори пропонують вводити безпосередньо в тканину передбачуваного осередку ураження контрастну речовину і водорозчинний барвник. Через 12-24 години проводять рентгенівське дослідження ушкодженої тканини. Ознакою загибелі тканин при цьому є залишкове накопичення контрасту (через деякий час частина барвника і контрасту із здорової тканини із збереженим мікроциркуляторним руслом зникне). Контрастну ділянку на рентгенівському знімку діагностують як нежиттєздатну (некроз). При наступному оперативному втручанні некректомію виконують в межах забарвлених тканин.

Спосіб дозволяє визначити об'єм загиблих тканин по їх сумісному контрастуванню барвником і контрастом. Але слід підкреслити, що при

цьому контрастуються лише некротизовані тканини вже при сформованій пограничній зоні, тобто у віддаленому періоді. Ширину зони паранекрозу та функціонально-морфологічні зміни в ній, які спостерігаються в перші 3-5 діб після термічного ушкодження, зазначеним способом визначити неможливо.

В роботі [24] автори пропонують проводити томографічне дослідження і визначати ознаки загибелі тканин та зони коагуляційного некрозу по їх рентгенівській щільності. При цьому томографічне дослідження виконують шляхом комп'ютерної томографії, а відмежування зони коагуляційного некрозу проводять визначенням густини тканин в одиницях Хаунсфілда, тобто виділяють ділянки зі зниженою густиною 12-15 одиниць Хаунсфілда, а також ділянки з підвищеною густиною 65-68 одиниць і всі їх кваліфікують як зони некрозу тканин.

Спосіб дозволяє визначити об'єм загиблих тканин для виконання адекватної некректомії. Але він не відображує функціонального стану тканин в зоні, яка кваліфікується як зона некрозу, а саме до неї відносять як життєздатну, так і нежиттєздатну тканини в зоні судинних змін та перифокального набряку. Тобто він не дозволяє відмежувати ділянки власне некрозу та необоротних змін від ділянок оборотних змін (зон паранекрозу).

1.3.4 Термографічні методи дослідження глибини термічних пошкоджень

В основі термографічних методів оцінки глибини термічних пошкоджень лежить той факт, що при опіковому пошкодженні відбувається коагуляція кровеносних судин, внаслідок чого порушується кровообіг. При цьому зменшується температура поверхневих шарів шкіри. Відомо [25], що перепад температур гомологічних сегментів понад 1 °C свідчить про наявність поверхневих дермальних опіків, перепад температур 2 °C і

температура рани менше 34 °C свідчить про наявність глибоких дермальних опіків.

Термографічні дослідження поверхні опікового пошкодження, як і розглянуті попередньо, дають можливість візуалізувати стан тканин організму. Слід зазначити, що за вартістю обладнання, в порівнянні з методами флуометрії, рентгенографії та ін., він є найдоступнішим. Крім того, використання термографічних досліджень не потребує застосування шкідливих для організму випромінювань, барвників та контрастних речовин, які вводяться в організм.

Класичним прикладом термографічного дослідження можна вважати викладений в роботі [26]. Автори визначають температуру тіла і рани за допомогою тепловізора. Дослідження проводять дистанційно за допомогою спеціальної інфрачервоної оптики. Випромінювання людського тіла перетворюють в електричні сигнали, які або дають зображення на екрані електронно-променевої трубки, або фіксуються на спеціальному папері. Таким способом одержує температурний рельєф поверхні тіла людини зі всіма основними його особливостями і відтінками, які обумовлені фізіологічними і патологічними процесами, що відбуваються в глибині тіла людини. Для застосування тепловізорного дослідження використовують рідкокристалічні дистанційні інфрачервоні теплові датчики із спеціальними комп'ютерними пристроями і теплобаченням. Недоліками такого рішення є необхідність використання дорогого обладнання, якого не мають опікові і хірургічні відділення.

В роботі [27] автори пропонують виконувати попереднє вимірювання температури в різних ділянках тулуба: опікової рани і неураженої шкіри гомологічного сегмента. При цьому використовується безконтактний цифровий інфрачервоний термометр. За даними авторів при виконанні термометричного дослідження різниця температур ділянок опікової рани складає від 0,5 °C до 3,5 °C у порівнянні з інтактною шкірою. Це дозволяє диференціювати глибину опіку. Але, за допомогою інфрачервоного

термометра при проведенні точкових вимірів важко отримати цілісну картину опіку. Крім того, результат вимірювання значною мірою залежить від поверхневого стану як термічного пошкодження, так і самої шкіри.

Існують також інші методи для швидкого виявлення ділянок з некрозом таких, однак основним способом визначення глибини ураження і досі залишається клінічне обстеження з подальшим спостереженням.

Спираючись на результати проведеного аналізу можна зробити висновок, що одним з перспективних методів оцінки глибини опіків є термографічний метод. Але, його використання пов'язано з рядом проблем, одною з яких є обробка отриманого зображення.

Висновки

Прогноз є важливим фактором при встановленні діагнозу. Прогнозування подальшого розвитку захворювань є дуже важливим при проведенні медичного сортування. Дана дія дозволяє провести розподіл постраждалих по принципу їх потреби у медичній допомозі. Дуже важливим є прогнозування можливих ускладнень і шлях розвитку захворювання, особливо на ранніх стадіях. Саме це є дуже важливим фактором для подальшого лікування. Сукупна комплексна оцінка стану постраждалого дозволяє провести своєчасну адекватну терапію та попередити або зменшити тяжкість ускладнень. В діагностиці опіків прогноз визначається площею і глибиною ураження, наявністю травм і хвороб, а також загальним станом організму.

В даному розділі було досліджено види опіків та їх особливості. Досліджені клінічні ознаки ступеню опіку. Розглянуто та проаналізовано інструментальні методи визначення глибини ураження при опіках

2 АНАЛІЗ БАЗОВОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ВИБІР МЕТОДИКИ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ

2.1 Термометричний метод аналізу теплових полів

В основі метода термометрії лежить різниця температур на ділянках з різною глибиною ушкодження. У місцях глибоких опіків (ІІБ, ІV ступеня) температура шкіри на $1,5 \dots 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче ніж на ділянках поверхні опіків (I, II, ІІА ступеня).

Інфрачервона термографія, теплове зображення або теплове відео - це науковий спосіб отримання термограми, яка являє собою зображення в інфрачервоних променях, яка показує картину розподілу температурних полів.

Для виявлення випромінювання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра, яке приблизно дорівнює 900-14000 нанометрів, використовують термографічні камери або тепловізори, які на основі цього випромінювання створюють зображення, які дозволяють визначити перегріті або переохолоджені місця. У зв'язку з тим, що інфрачервоне випромінювання випускається всіма об'єктами, які мають температуру, згідно з формулою Планка для випромінювання чорного тіла, термографія дозволяє «бачити» навколишнє середовище з видимим світлом або без нього. З підвищенням температури об'єктом відбувається збільшення величини випромінювання, що випускається ним. Саме через цю ознаку термографія дозволяє нам бачити відмінності в температурі. Якщо дивитися через тепловізор, то можна відмітити, що теплі об'єкти краще видно, ніж ті, що охолоджені до температури навколишнього середовища. Отже саме через це люди та теплокровні тварини легше помітні в навколишньому середовищі, як вдень, так і вночі. На рис. 2.1. наведено приклад термограми, яка показує розподіл теплових полів людини та об'єктів навколишнього середовища.



Рисунок 2.1 – Теплове зображення двох страусів

Розрізняють пасивну і активну термографію. Всі об'єкти з температурою, яка вище абсолютного нуля, випускають інфрачервоне випромінювання. Отже, відмінний спосіб для вимірювання теплових змін полягає в тому, щоб використовувати пристрій інфрачервоного бачення, зазвичай приймач тепловізора, що дозволяє виявляти випромінювання в середніх (від 3 до 5 μm) і довгих (від 8 до 15 μm) хвилях інфрачервоної смуги частот, які охоплюють як MWIR і LWIR і відповідних спектральним "вікнам" з високим коефіцієнтом пропускання атмосфери поблизу поверхні землі.

У пасивної термографії особливий інтерес представляє підвищення або зниження природного температурного рівня в порівнянні з температурою оточення. У пасивної термографії багато застосувань, таких, як спостереження людей на сцені, або в медицині. В активній термографії все інакше. Там джерело енергії повинно створювати температурний контраст між досліджуваним об'єктом та фоном. Активний підхід необхідний тих випадках, коли досліджувані частини знаходяться в температурному рівновазі з навколишнім середовищем. Завдяки спеціальному програмному забезпеченню сучасні тепловізори дозволяють визначати температуру в кожній точці термограми.

Використання термографічної технології дозволяє показувати візуальне зображення, що, в свою чергу допомагає порівнювати температури на великій площі. Також перевагами інфрачервоних вимірювань є:

- Можливість захоплення рухомих цілей в реальному часі
- Знаходження аварійних елементів до їх виходу з ладу
- Дозволяють проводити ряд вимірювань в областях, де інші методи неможливі (об'єкти з малою теплоємністю) або пов'язані з ризиком для здоров'я
- Неруйнівний контроль
- Полегшує пошук дефектів (тріщин) в колонах або інших металевих частинах
- Сама можливість бачити тепло навіть зі швидкістю 1 кадр в секунду, навіть з невисоким просторовим дозволом вже покриває істотну частку тепловізійного ринку

Інфрачервона термографія знайшла дуже велику область застосування в таких областях, як моніторинг умов, медична візуалізація, нічне бачення, дослідження, управління процесом, неруйнівний контроль, спостереження в області забезпечення безпеки, правоохоронної діяльності та захисту, хімічна візуалізація.

Теплові інфрачервоні камери перетворюють енергію інфрачервоних хвиль в видиме світло на відеоекрані. Всі об'єкти з температурою вище 0 кельвінів випромінюють теплову інфрачервону енергію, тому інфрачервоні камери можуть пасивно бачити всі об'єкти незалежно від наявності зовнішньої освітленості. Тим не менше, більшість теплових камер бачать тільки об'єкти тепліше -50°C , оскільки інтенсивність випромінювання тіл пропорційна температурі в четвертому ступені. Ця залежність є дуже різкою.

Спектр і рівень теплового випромінювання сильно залежить від температури поверхні об'єкта. Це дає можливість тепловій камері бачити температуру об'єктів. Проте, інші чинники також впливають на випромінювання, реєстрація якого обмежується точністю техніки.

Наприклад, випромінювання залежить не тільки від температури об'єкта, але також і від поглинання, пропускає і відбивної здатності об'єкта. Так, випромінювання, спочатку випускається навколишнім середовищем, відбивається об'єктом і / або проходить через нього і сумується з власним випромінюванням об'єкта, яке і реєструється приладом.

Тепловізор - вимірювальний прилад, що дозволяє бачити теплове (інфрачервоне) випромінювання навколишніх об'єктів в будь-який час доби, вимірювати температуру в будь-якій точці на поверхні з точністю 0,1 С і вище. Основне призначення тепловізора - безконтактне вимірювання температури об'єктів живої і неживої природи, пошук несправностей обладнання та електрики, недоліків будівництва. Тепловізійні камери створюють чіткі теплові зображення, ґрунтуючись на різниці температур. А складні алгоритми простих на вигляд камер зчитують з цих зображень температурні значення. Найгарячіші місця забарвлюються в червоний, жовтий і оранжевий кольори, холодні в синій і чорний. Популярність тепловізори знайшли завдяки можливості застосування у всіх галузях життєдіяльності людини. Найпопулярніші сфери застосування це будівництво, полювання, медицина і промисловість. Все частіше тепловізори використовуються і в побуті для обстеження квартир і приватних будинків, дозволяють знаходити місця витоків тепла і неполадки в електриці.

2.2 Технології штучного інтелекту та їх застосування для аналізу термографічних зображень

Штучний інтелект – це розділ інформатики, присвячений моделюванню інтелектуальної діяльності людини. Пройшовши складний та тернистий шлях багаторазових блукань між оптимізмом і необґрунтованим скептицизмом, у наш час штучний інтелект отримав блискучі перспективи застосування, без яких не можна уявити подальший розвиток цивілізації.

Штучний інтелект дозволяє комп'ютерам навчатися на власному досвіді, адаптуватися до заданих параметрів і виконувати ті завдання, які раніше були під силу тільки людині.

Методи штучного інтелекту дозволили створювати ефективні комп'ютерні програми в найрізноманітніших сферах людської діяльності, таких як медицина, біологія, зоологія, соціологія, культурологія, політологія, економіка, бізнес, криміналістика тощо, які раніше були не доступні для формалізації та алгоритмізації. У наш час комп'ютери вміють легко моделювати творчу діяльність людини, створюючи музичні та поетичні твори, розпізнають образи та сцени, мають здатність обробляти та розуміти тексти. Нейрокомп'ютери, створені за образом і подобою людського мозку, успішно справляються з управлінням складними технічними об'єктами, діагностикою захворювань людини, несправності складних технічних приладів, передбачають погоду та курси валют, допомагають абітурієнтам правильно обирати спеціальності тощо.

Сучасна наука знаходить все нові області, в яких може застосовуватися штучний інтелект, що робить комп'ютерні технології ще більш просунутими та корисними для суспільства. За великим рахунком, саме штучний інтелект, впроваджений в різні сфери діяльності, може прискорити їх розвиток, а деякі навіть вивести на абсолютно новий рівень.

В наш час відбулося дуже багато великих і цікавих досягнень в області створення моделей штучного інтелекту, особливо в сфері моделювання біологічних систем. В останній час з'являється все більше інформації про так звані нейронні мережі, які незабаром знайдуть активне застосування в роботехніці, машинобудуванні і в багатьох інших сферах людської діяльності. Нейронні мережі – це один з напрямків наукових досліджень в галузі створення штучного інтелекту (ШІ), в основі якого лежить прагнення імітувати нервову систему людини. До цього також входить її здатність до самонавчання і виправлення помилок. Нейронні мережі використовуються

для розв'язання нечітких і складних проблем, таких як розпізнавання геометричних фігур чи кластеризація об'єктів.

В якості образів можуть виступати зовсім різні за своєю природою об'єкти, такі як символи тексту, зображення, зразки аудіо файлів та інші. В процесі навчання мережі пропонуються різні зразки образів із зазначенням того, до якого класу вони відносяться. Зразок, як правило, являє собою вектор значень ознак. Всі ці ознаки формують сукупність, яка повинна однозначно визначати клас, до якого належить зразок. У випадку, якщо ознак недостатньо, мережа може співвіднести один і той же зразок з декількома класами, що не є правильним. Після закінчення навчання мережі їй можна пред'являти невідомі раніше образи і отримувати відповідь про належність до певного класу.

Топологія такої мережі характеризується тим, що кількість нейронів у вихідному шарі, як правило, дорівнює кількості визначених класів. При цьому встановлюється відповідність між виходом нейронної мережі і класом, який він представляє. Коли мережі пред'являється якийсь образ, на одному з її виходів повинна з'явитися ознака того, що образ належить цьому класу. В свою чергу на інших виходах повинна бути ознака того, що образ не належить до даного класу. Якщо на двох або більше виходах є ознака приналежності до класу, прийнято вважати, що мережа «не впевнена» в своїй відповіді.

Здібності нейронної мережі до прогнозування безпосередньо впливають з її здатності до узагальнення і виділення прихованих залежностей між вхідними та вихідними даними. Після навчання мережа здатна передбачити майбутнє значення якоїсь послідовності на основі декількох попередніх значень і (або) якихось існуючих зараз чинників. Слід зазначити, що прогнозування можливо тільки тоді, коли попередні зміни дійсно в якійсь мірі визначають майбутні.

Машинне навчання реалізує в собі математичну статистику, методи оптимізації та класичні математичні дисципліни, але також має і власну

специфіку, що пов'язана з проблемами обчислювальної ефективності.

Існує багато методів індуктивного навчання, які розроблялися в якості альтернативи для класичних статистичних підходів. Велика кількість таких методів дуже тісно пов'язані з витягом інформації та інтелектуальним аналізом отриманих даних.

Машинне навчання – це не тільки математична, а й практична та інженерна дисципліна. Чиста теорія, як правило, не призводить відразу до методів і алгоритмів, які можна застосовувати на практиці. Щоб змусити їх добре працювати і виконувати поставлені задачі, доводиться винаходити додаткові евристики, що компенсують невідповідність припущень, зроблених в теорії, для їх чіткого використання в умовах реальних завдань. Практично жодне дослідження в машинному навчанні не обходиться без експерименту на модельних або реальних даних, що підтверджує практичну працездатність методу.

Машинне навчання вважається гілкою штучного інтелекту, основна ідея якого полягає в тому, щоб комп'ютер не просто використовував заздалегідь написаний алгоритм, а сам навчився вирішення поставленого завдання.

Ідеологія машинного навчання являє собою тип штучного інтелекту, де комп'ютери “навчаються”, не будучи явно запрограмованими. Замість кодування алгоритму, засоби машинного навчання дозволяють комп'ютерам розробляти і вдосконалювати алгоритми, знаходячи моделі в величезних обсягах даних.

У шістдесяті-сімдесяті XX століття склалися основні наукові принципи ML. У сучасному уявленні ML об'єднує в собі раніше незалежні напрямки:

- нейронні мережі (neural networks),
- навчання по прецедентах (case-based learning),
- генетичні алгоритми (genetic algorithms),
- висновки правил (rule induction) і

аналітичне навчання (analytic learning).

Було показано, що практична передача знань навченою машині (нейронної мережі) може будуватися на основі теорії обчислювального навчання по прецедентах, яка розвивається з шістдесятих років XX століття.

Неформально ML можна представити таким чином. Беруться опису окремих прецедентів, які називають навчальною вибіркою. Далі за сукупністю окремих фрагментів даних вдається виявити загальні властивості (залежно, закономірності, взаємозв'язку), властиві не тільки цієї конкретної вибірці, використаної для навчання, а й взагалі всім прецедентів, в тому числі тим, які ще не спостерігалися. Алгоритми навчання (learning algorithm) і налаштування (fitting) моделі за вибіркою даних дозволяють знайти оптимальний набір параметрів моделі, а потім використовувати навчену модель для вирішення тих чи інших прикладних задач.

В цілому ML можна представити формулою:

Навчання = Подання + Оцінка + Оптимізація

де:

Подання - уявлення класифікованого елемента на формальній мові, який машина може інтерпретувати

Оцінка - функція, що дозволяє виділити погані і хороші класифікатори

Оптимізація - пошук найкращих класифікаторів

Головна ж мета ML - створити, наприклад, в нейронної мережі здатність виявляти щось інше, що не входить в набір, використаний для навчання, але володіє тими ж властивостями.

Навчання включає розпізнавання образів, регресійний аналіз і прогнозування. Найчастіше використовують підхід, заснований на побудові моделі відновлюваної залежності у вигляді параметричного сімейства алгоритмів. Його суть в чисельної оптимізації параметрів моделі з метою мінімізації число помилок на заданій навчальній вибірці прецедентів.

Навчанні полягає в підгонці створюваної моделі під вибірку. Але у цього підходу є вроджена слабкість, що виявляється в тому, що з

підвищенням складності моделі оптимізують модель алгоритми починають вловлювати не тільки риси відновлюваної залежності, але і помилки виміру навчальної вибірки, і похибка самої моделі. В результаті погіршується якість роботи алгоритму.

Машинне навчання сьогодні використовують великі компанії для прийняття кращих бізнес-рішень на основі історичних даних, використовуючи глибокі алгоритми навчання для виявлення закономірностей та кореляцій, що дозволяє їм краще прогнозувати майбутнє.

Висновки

У розділі було досліджено термометричний метод аналізу теплових полів та шляхи його використання.

Була розглянута актуальність використання технології штучного інтелекту та машинного навчання для досягнення автоматизованості при дослідженні типів та характеристик опіків за допомогою їх зображень в тепловому інфрачервоному діапазоні. З'ясовано, що можна створити різні типи моделей, яким можна надати алгоритми з навчальними даними для вивчення для розв'язання конкретно поставлених задач. Визначено основні питання які потрібно враховувати при створенні моделі машинного навчання.

3 ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ

На даний час найбільш досконалим методом реєстрації температурних показників тіла людини є метод інфрачервоної термографії.

Інфрачервона термографія заснована на оцінці власного теплового випромінювання об'єктів в інфрачервоному діапазоні. Дослідження проводиться за допомогою спеціального тепловізійного обладнання (тепловізора), спроможного вловлювати, реєструвати та перетворювати зображення (термограму) в інфрачервоне випромінювання об'єкту.

Тепловізор являє собою фотоприймальну камеру з особливою світлочутливої матриці і германієвим об'єктивом. Сучасні тепловізори працюють з підключенням і передачею даних на комп'ютер, що дозволяє зберігати великі об'єми даних, оцінювати їх в динаміці та навіть переглядати як термофільм в режимі реального часу. Сучасні термограми дозволяють побачити об'єкт в інфрачервоному діапазоні та класифікувати його суттєві ознаки.

3.1 Апаратна частина інформаційно-вимірювальної системи

Для отримання зображень опікових уражень у тепловому інфрачервоному діапазоні було використано тепловізор Flir ONE для смартфонів і планшетів на базі операційних систем Android та iOS. Даний тепловізор підключається до смартфона або планшету на базі Android, не нижче 4.4.2 (через роз'єм мікро-USB) і iOS не нижче iPhone 5 (роз'єм Lightning), а термічні зображення виводяться на екран пристрою.

На рис. 3.1 показано зовнішній вигляд мобільної частини інформаційно-вимірювальної системи на базі тепловізора Flir ONE.



Рисунок 3.1 – Вимірювальна система на базі тепловізора Flir ONE

Рівень та спектр теплового випромінення має сильну залежність від температури поверхні об'єкту. Це дає можливість тепловізору реєструвати температуру об'єктів. Однак, інші фактори також впливають на випромінення, реєстрація якого має обмеження точності обладнання. Випромінення залежить від поглинаючої, пропускнув та відбиваючої здатності об'єкту. З цього слідує, що випромінення, яке первинно випускає навколишнє середовище, відбивається об'єктом і / або проходить через нього і сумується з власним випроміненням об'єкта, яке і реєструється приладом.

На рисунку 3.2 наведено приклад термограми, що показує розподіл теплових полів у людини. Градація кольору на знімках визначає температуру об'єкта. Чим темніша ділянка на знімку, тим холоднішим є поверхня, що зображена, і навпаки, чим яскравіша та світліша область тим теплішою є ця зона.



Рисунок 3.2 – Термограма, що показує розподіл теплових полів у людини

Проведені в попередніх розділах дослідження показали, що внаслідок порушення кровообігу при різному ступені опікового ураження спостерігається зменшення поверхневої температури шкіри людини. Обумовлено це тим, що циркуляція крові сприяє підтримці постійної температури організму людини. Коагуляція тканин внаслідок глибоких опіків тромбує кровоносні судини, результатом чого є зниження температури травмованих ділянок тіла.

На рисунку 3.3 наведено тепловий знімок здорової, не ушкодженої ураженнями шкіри людини.

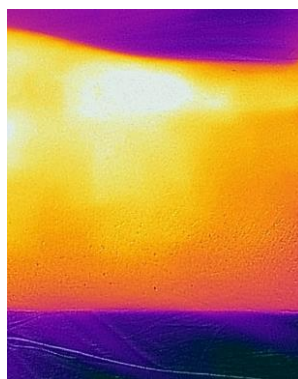


Рисунок 3.3 – Термограма шкіри людини без опіку

На отриманих за допомогою тепловізора зображень ураженої опіками шкіри можна розрізняти їх ступені саме за температурними показниками, які можна дослідити за кольором ділянок на зображенні, а також за формою та

розміром зображеної ділянки. Опіки I-го, II-го і III-го ступеню відповідно наведені на рисунку 3.4.

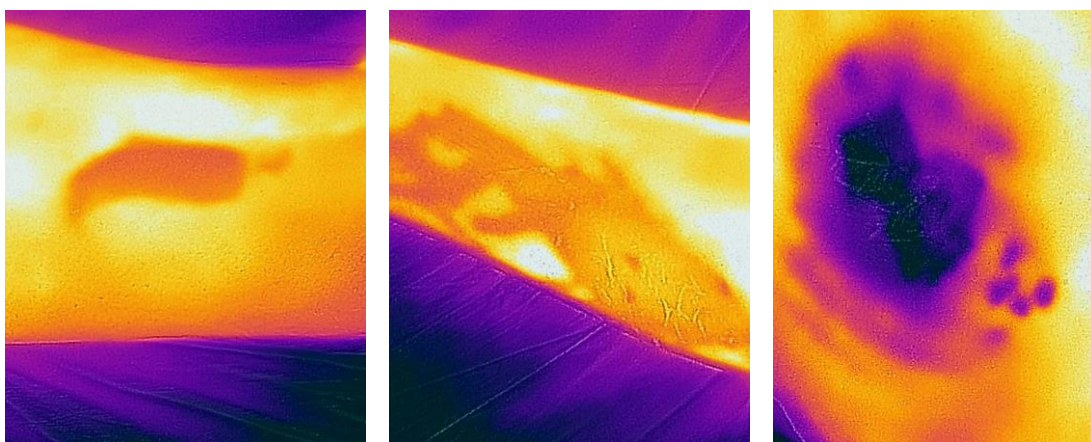


Рисунок 3.4 – Термограма шкіри людини, ураженої опіками I-го, II-го і III-го ступеню відповідно

Зважаючи на те, що по термограмі опіку на шкірі людини можна виявити його характеристики та ступінь, було прийнято рішення створити систему аналізу та оцінки ураження на базі використання технології штучного інтелекту для пришвидшення та покращення їх подальшої діагностики.

3.2 Програмні методи реалізації інформаційно-вимірювальної системи

Для створення нейронної мережі для оцінки та аналізу характеристик опікових уражень було обрано технологію від компанії Apple, яка має назву Core ML.

Core ML - це механізм машинного навчання, який використовується в продуктах Apple (macOS, iOS, watchOS і tvOS) для швидкого прогнозування або висновку з легкою інтеграцією попередньо навчених моделей машинного навчання, що дозволяє виконувати прогнози в реальному часі зображень або відео на пристрої. Інтеграція зі штучним інтелектом може розблокувати величезні можливості в існуючих додатках, таких як включення аналізу мови,

комп'ютерного зору, обробки природної мови, автоматичних відповідей і багато іншого. Core ML надає єдиний інтерфейс для всіх моделей [29].

Додаток, в який інтегрована вже заздалегідь навчена машинна модель, використовує основні Core ML APIs та дані користувачів для того щоб робити прогнози, тренувати або налаштовувати моделі безпосередньо на пристрої кінцевого користувача.



Рисунок 3.5 – Діаграма потоку, що йде зліва направо

Модель є результатом застосування алгоритму машинного навчання до набору навчальних даних. Модель можна використовувати для прогнозування кінцевого результату на основі нових вхідних даних. Моделі можуть виконувати найрізноманітніші завдання, які важко або недоцільно написати в коді. Наприклад, можна навчити модель категоризувати фотографії або виявити конкретні об'єкти фотографії безпосередньо з її пікселів.

3.3 Створення машинної моделі на базі використання технології Create ML

Моделі можна створювати та навчати за допомогою програми Create ML.

Create ML - це новий фреймворк, який допоможе вам легко створювати моделі машинного навчання за допомогою Swift та Xcode. Призначений для простоти та продуктивності у використанні. Create ML дозволяє

використовувати в якості вхідних даних зображення, тексти і структуровані об'єкти - наприклад, таблиці [30].

На рис. 3.6 наведено схематичний приклад процедури сегментації зображення.

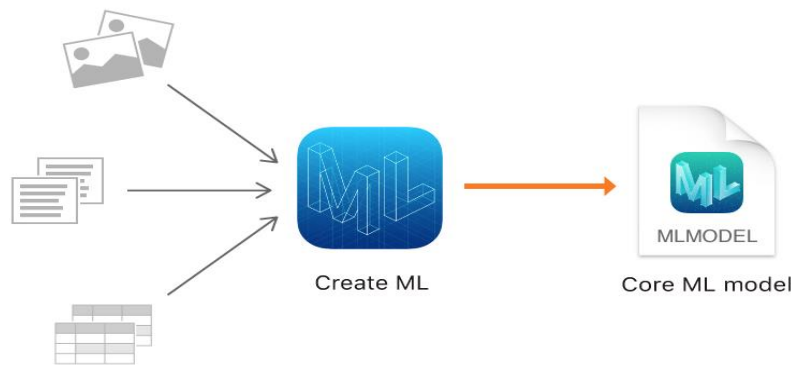


Рисунок 3.6 – Приклад роботи Create ML

В основу роботи Create ML покладено такий принцип обробки зображень, як сегментація.

З точки комп'ютерного зору, сегментація – це процес поділу цифрового зображення на декілька сегментів, які являють собою сукупність пікселів, які ще називають суперпікселями. Ціль сегментації полягає у спрощенні або зміні представлення зображення, щоб його було простіше і легше аналізувати.

На рис. 3.7 наведено приклад сегментації реального зображення.

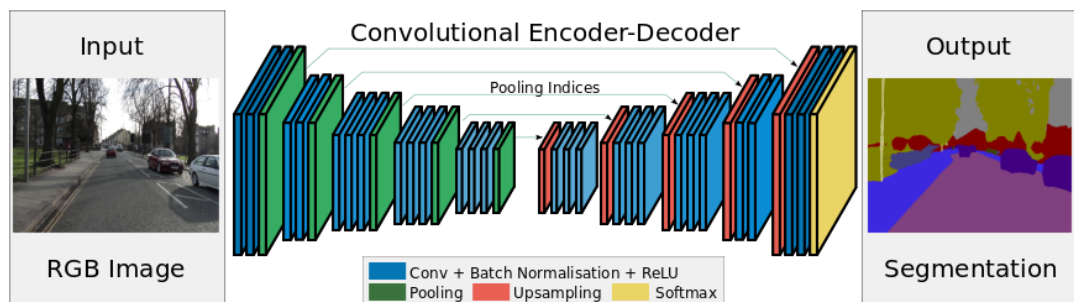


Рисунок 3.7 – Приклад сегментації реального зображення

Результат сегментації являє собою зображення, що складається з множини сегментів, які разом охоплюють все зображення, або з множини контурів, які можна виділити з зображення. Усі пікселі в отриманому сегменті схожі за окремою характеристикою або за визначеною властивістю, наприклад такою як колір, яскравість або текстура. Сусідні сегменти, зважаючи на ці характеристики, мають істотну розбіжність.

Дуже ефективним з точки зору обчислювальних ресурсів є використання для сегментації методів кластерного аналізу. Суть кластеризації полягає в тому, що всі вихідні об'єкти (в даному випадку пікселі) розбиваються на кілька груп, що не перетинаються, таким чином, щоб об'єкти, що потрапили в одну групу, мали подібні характеристики, в той час як в об'єктів з різних груп ці характеристики повинні значно відрізнятися. Отримані групи називаються кластерами. Вихідними значеннями в найпростішому способі для кластеризації є координати пікселя (x, y) , в більш складних випадках, наприклад для напівтонових зображень, використовується тривимірний вектор $(x, y, I(x, y))$, де $I(x, y)$ - градації сірого і п'ятимірний вектор якщо використовується RGB.

Алгоритмом кластеризації зображень виступає метод, під назвою Метод к-середніх. Суть даного методу полягає у розділенні зображень на K кластерів.

На рисунку 3.8 наведено блок - схему принципу роботи алгоритму кластеризації методом к-середніх.

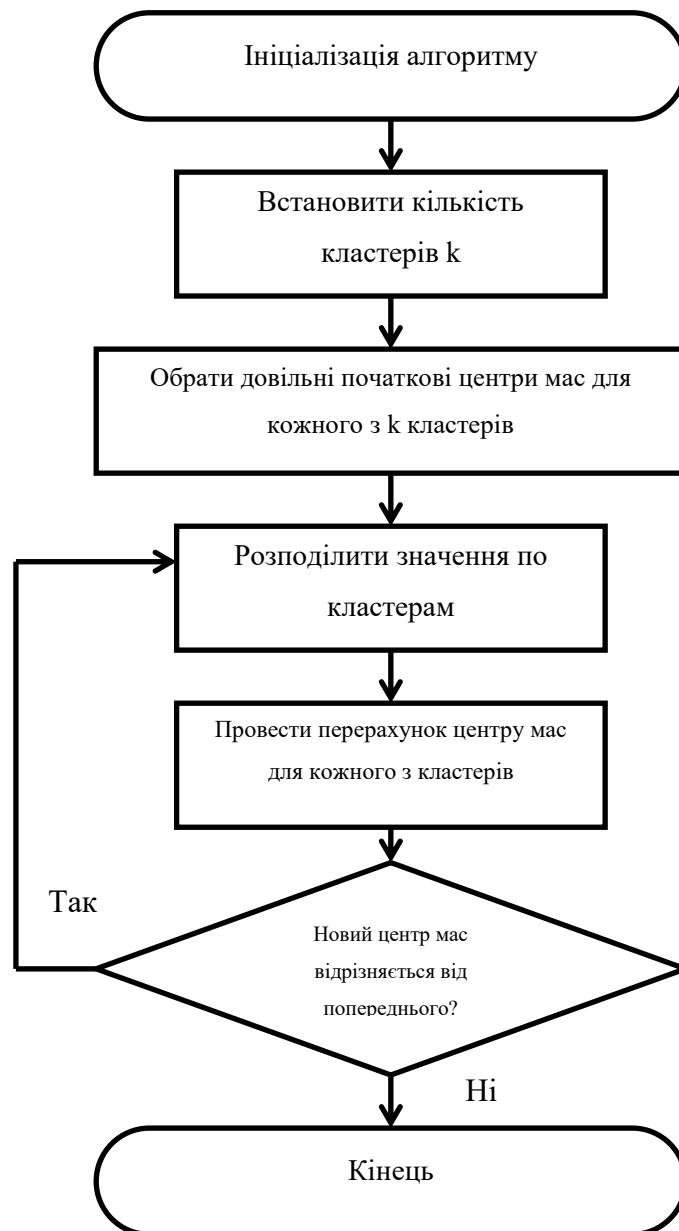


Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритму кластеризації методом k-сереніх

Алгоритм прагне мінімізувати сумарне відхилення точок кластерів від центрів цих кластерів. Простіше кажучи, це це ітеративний алгоритм, який ділить дане безліч пікселів на k кластерів точки, яких є максимально наближеними до їх центрів, а сама кластеризація відбувається за рахунок зміщення цих же центрів.

Принцип роботи алгоритму кластеризації методом k-сереніх полягає у наступних кроках:

1. З множини k пікселів обираємо ті пікселі, які будуть центрами відповідних k кластерів. Вибірка початкових центрів може бути як і випадковою, так і за певним алгоритмом.
2. Потрапляємо в цикл, який продовжується доти, поки центри кластерів не перестануть змінювати своє положення.
3. Здійснюємо обхід кожного пікселю і дивимося, до якого центру якого кластеру він найближче розташований.
4. Якщо знайшли найближчий центр, то прив'язуємо піксель до кластеру цього центру.
5. Якщо перебрали усі пікселі потрібно розрахувати нові координати центрів k кластерів.
6. Тепер йде перевірка координат нових центрів. Якщо вони відповідно дорівнюють початковим центрам, то виходимо із циклу, якщо ні – повертаємося до пункту 3.

На малюнку 3.9 зображена демонстрація роботи даного алгоритму. Зображені на рисунку квадрати є пікселями - центрами кластерів, а різнокольорові кружечки є сукупністю пікселів у множині.

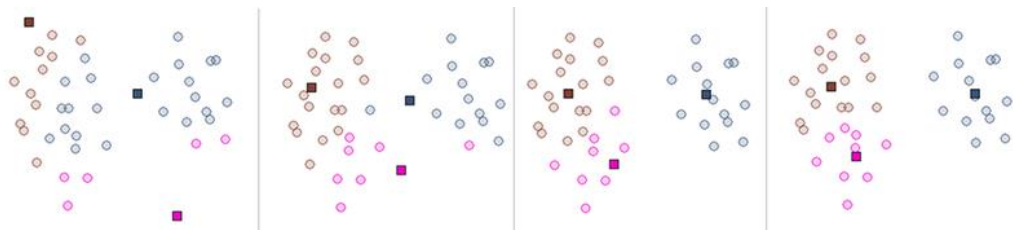


Рисунок 3.9 – Демонстрація роботи алгоритму кластеризації

Перевага цього алгоритму у високій швидкодії та простій реалізації.

Завдання класифікації зображень - один з найпопулярніших варіантів використання згортальних нейронних мереж. Людина, коли бачить певне зображення, може швидко віднести його до певного класу на основі будь-яких характерних ознак. Нейронна мережа діє аналогічно, проводячи пошук базових характеристик. Беручи на вхід початковий масив пікселів, вона послідовно пропускає інформацію через групи згортальних шарів і будує все

більш складні абстракції. На кожному наступному шарі вона вчиться виділяти певні ознаки - спочатку це лінії, потім набори ліній, геометричні фігури, частини тіла, і так далі. На останньому шарі ми отримуємо висновок класу або групи ймовірних класів.

У разі ж Create ML навчання нейронної мережі не проводиться з нуля. Фреймворк використовує попередньо навчену на величезному наборі даних нейронну мережу, яка вже включає велику кількість шарів і має високу точність.

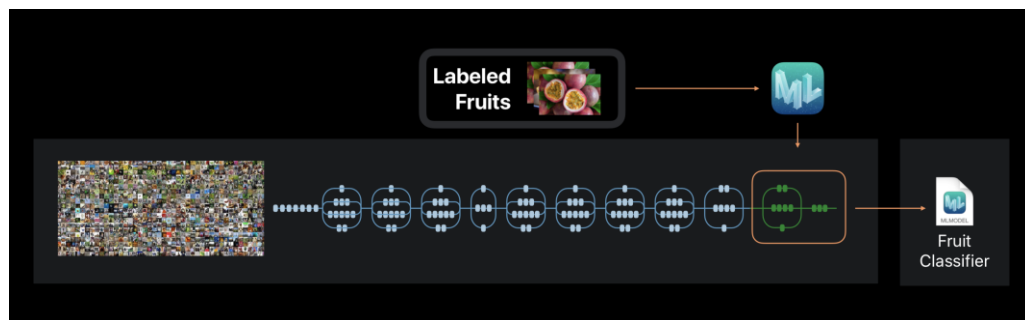


Рисунок 3.10 – Приклад отримання вже навченої машинної моделі завдяки Create ML

3.4 Розробка алгоритму та мобільного додатку для оцінки глибини термічних опіків

Принцип роботи починається класифікації зображень для навчання моделі. Для цього потрібно взяти вхідний набір даних, у даному випадку це теплові зображення ураженої опіками шкіри, заздалегідь зроблені за допомогою тепловізора та розділити їх на групи за їх особливими ознаками, а саме за ступенем. Отримані фотографії потрібно зберегти у директоріях з назвами, що відповідають їхнім характеристикам. В цьому випадку було отримано три групи зображень, що відповідають першим трьом ступеням опіків, тобто First – це зображення опіків I ступеню, Second – II-го і Third – ураження III ступеню відповідно. Зображення повинні по можливості максимально відрізнятися для більшої точності при подальшому прогнозуванні моделлю кінцевого результату.

На рис. 3.11 наведено теплові зображення опіків, поділені на класи. Саме вони використовувались для навчання моделі

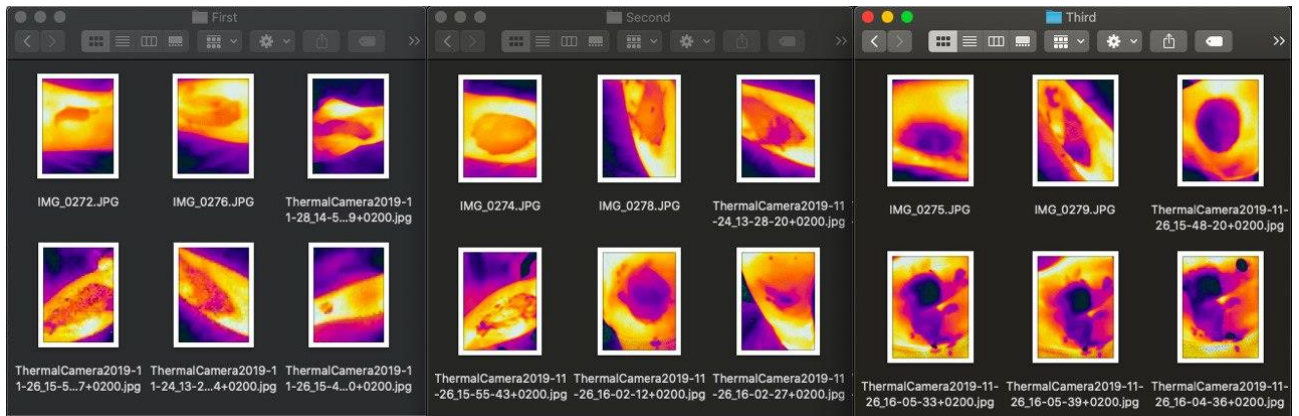


Рисунок 3.11 – Теплові зображення опіків поділені на класи

Apple надає два способи взаємодії з Create ML: за допомогою UI в MacOS Playground Xcode і програмно - з CreateMLUI.framework і CreateML.framework. Використовуючи перший спосіб, досить написати декілька рядків коду, перенести вибрані зображення в зазначену область, і почекати, поки навчиться модель. Також існує третій спосіб створення власної машинної моделі за допомогою мови програмування Python та Turi Create – фреймворку для навчання моделей основною ідеєю якого була простота в використанні та підтримка великої кількості сценаріїв - класифікація зображень, визначення об'єктів, необхідних систем та багато інших.

Розглянемо усі три способи створення та навчання моделей та проведемо їх порівняльну характеристику.

Для створення машинної моделі першим способом створюється новий файл Playground у серидовищі Xcode. За допомогою наведеного нижче фрагменту коду створюється модель, у яку потім завантажуються заздалегідь підготовлені зображення і починається процес тренування моделі.

```
import CreateMLUI
```

```
let builder = MLImageClassifierBuilder()
```

```
builder.showInlineView()
```

Під час тренування у консолі можна спостерігати результати навчання моделі. На комп'ютері Mac Book Air 2017 тренування зайняло 5.51 секунд для 9 ітерацій, а розмір навченої моделі складає лише 50 кб.

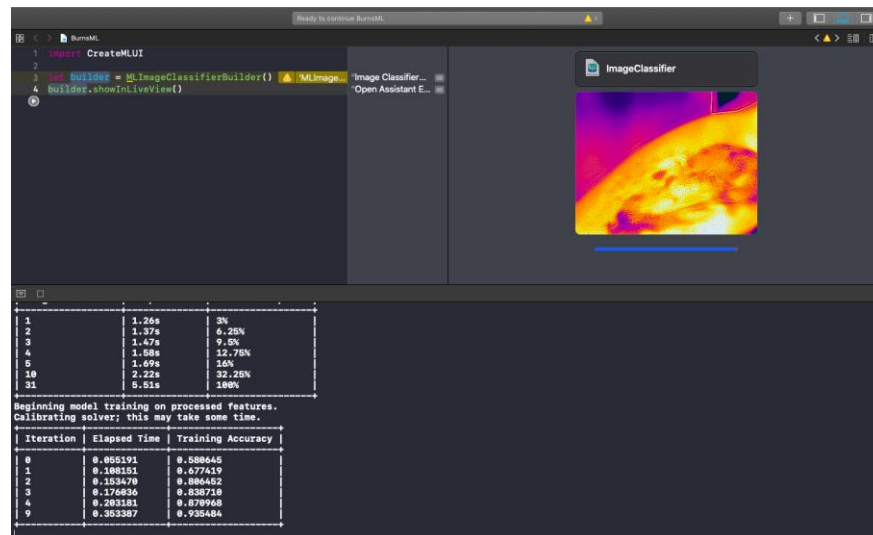


Рисунок 3.12 – Процес тренування моделі

Після завершення тренування на виході отримуємо готову для використання уже навчену модель у вигляді файлу *.mlmodel, який у подальшому з легкістю інтегрується у проект для створення мобільного додатку.

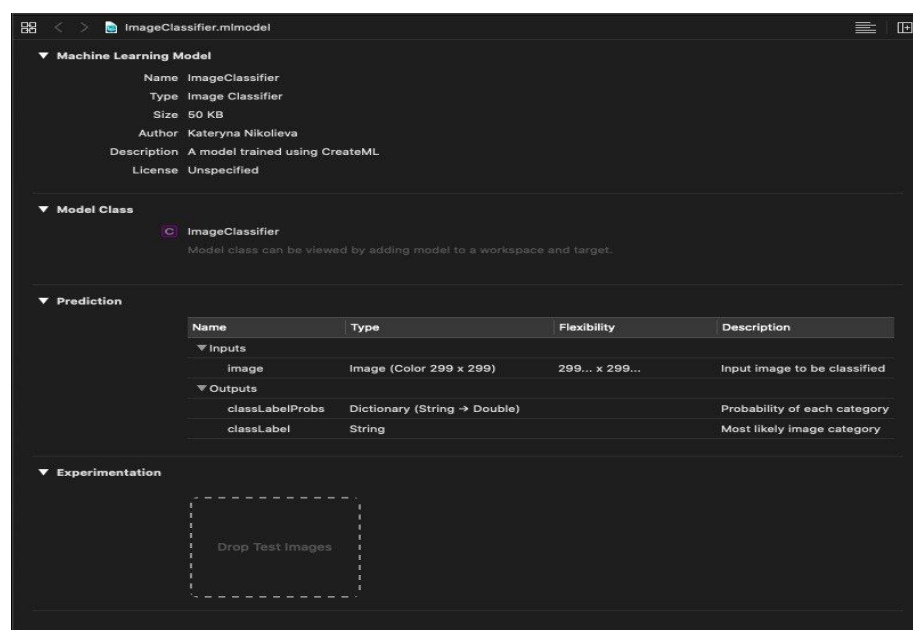


Рисунок 3.13 – Навчена машинна модель

Для другого способу створення та тренування моделі машинного навчання було обрано програму Create ML, яка також є частиною середовища розробки Xcode. Для цього у програму потрібно завантажити три набори даних – один для тренування, другий – для валідації і третій - для тестування.

У рамках навчального процесу Create ML автоматично розбиває навчальні дані на навчальний набір і набір перевірки. Модель ітеративно, як і у першому способі, вивчається з навчального набору і з кожною ітерацією модель перевіряє власну точність з набором даних для валідації. Оскільки Create ML розбиває дані випадковим чином на ці два набори, ви можете отримувати інший результат щоразу, коли тренуєте модель.

Коли навчання закінчується, Create ML показує результати навчання та точність перевірки. Вони повідомляють, наскільки добре навчена модель класифікує зображення з відповідних наборів. Оскільки модель тренується на цих зображеннях, вона, як правило, добре класифікує їх.

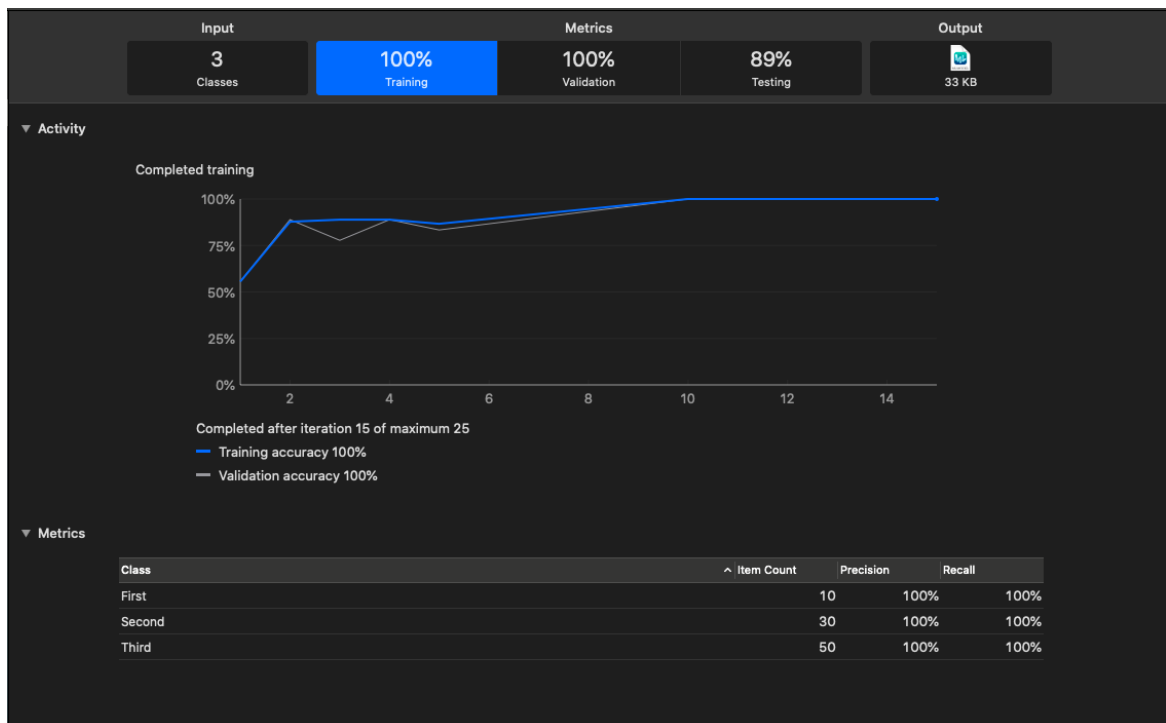


Рисунок 3.14 – Результат навчання машинної моделі

З отриманого графіку можна зробити висновок, що готова модель має високу точність тому, що вона правильно ідентифікувала всі зображення в навчальному наборі та 100% зображень у наборі перевірки.

У результаті отримуємо машинну модель, яка майже нічим не відрізняється від моделі, отриманої першим способом.

Третій спосіб створення моделі машинного навчання - це створення моделі використовуючи мову програмування Python та фреймворк Turi Create. Turi Create надає нам найважливіші алгоритми машинного навчання, такі як k-найближчих сусідів, і розширені алгоритми глибокого навчання, такі як Residual Networks (ResNet), тобто “Залишкова мережа”, щоб створити наші власні моделі машинного навчання.

Процес створення та навчання моделі починається з ініціалізації Python - файлу burnsclassifier.py, який містить фрагмент програмного коду, наведений на рисунку 3.15. У параметрах задається шлях до директорії з зображеннями

```

1 import turicreate as turi
2
3 url = "/Users/Kateryna/Desktop/Katya/Burns"
4
5 data = turi.image_analysis.load_images(url)
6
7 data["burnType"] = data["path"].apply(lambda path: "First" if "First" in path else ("Second" if "Socond"
8     else "Third"))
9
10 data.save("burnsanalis.sframe")
11
12 data.explore()
13
14 dataBuffer = turi.SFrame("burnsanalis.sframe")
15
16 trainingBuffers, testingBuffers = dataBuffer.random_split(0.9)
17
18
19 model = turi.image_classifier.create(trainingBuffers, target="burnType", model="squeezenet_v1.1")
20
21 evaluations = model.evaluate(testingBuffers)
22 print evaluations["accuracy"]
23
24 model.save("burns.model")
25
26 model.export_coreml("BurnsClassifier.mlmodel")
27

```

для тренування моделі.

Рисунок 3.15 – Лістинг коду створення власної машинної моделі на Python

Для запуску данного рішення використовуємо програму Terminal.app. Запускаємо виконання файлу за допомогою команди `python burnsclassifier.py` і отримуємо результат, зображений на рисунку 3.16.

```
[iosnomads-MacBook-Air:Katya Kateryna$ python burnsclassifier.py
Materializing SFrame
Analyzing and extracting image features.
+-----+-----+-----+
| Images Processed | Elapsed Time | Percent Complete |
+-----+-----+-----+
| 29               | 1.20s       | 100%             |
+-----+-----+-----+
Logistic regression:
-----
Number of examples      : 29
Number of classes       : 3
Number of feature columns : 1
Number of unpacked features : 1000
Number of coefficients   : 1001
Starting L-BFGS
-----
+-----+-----+-----+-----+-----+
| Iteration | Passes  | Step size | Elapsed Time | Training Accuracy |
+-----+-----+-----+-----+-----+
| 0         | 6       | 0.005550 | 0.035592    | 0.689655          |
| 1         | 12      | 1.892493 | 0.080253    | 0.689655          |
| 2         | 15      | 1.833416 | 0.105514    | 0.689655          |
| 3         | 17      | 1.833416 | 0.123645    | 0.793103          |
| 4         | 19      | 1.621170 | 0.142161    | 0.827586          |
| 9         | 31      | 3.676483 | 0.280133    | 0.931034          |
+-----+-----+-----+-----+-----+
Analyzing and extracting image features.
+-----+-----+-----+
| Images Processed | Elapsed Time | Percent Complete |
+-----+-----+-----+
| 2               | 70.668ms    | 100%             |
+-----+-----+-----+
```

Рисунок 3.16 – Результат тренування машинної моделі на Python

Як результат отримуємо власну модель Create ML, готову до впровадження в будь-яку програму iOS, macOS, tvOS або watchOS.

Для проведення порівняльної характеристики якості методів створення моделей співставимо результати отримані з першого та третього методів.

На рисунку 3.17 наведено результат, отриманий після тренування машинної моделі першим способом, а саме за допомогою UI в MacOS

Playground Xcode. Порівняємо його з результатом, наведеним на рисунку 3.4.6, отриманим від тренування машинної моделі, написаної на мові програмування Python та адаптованої до тренування завдяки фреймворку Turi Create, який також є розробкою компанії Apple.

Images Processed	Elapsed Time	Percent Complete
1	1.26s	3%
2	1.37s	6.25%
3	1.47s	9.5%
4	1.58s	12.75%
5	1.69s	16%
10	2.22s	32.25%
31	5.51s	100%

Beginning model training on processed features.
Calibrating solver; this may take some time.

Iteration	Elapsed Time	Training Accuracy
0	0.055191	0.580645
1	0.108151	0.677419
2	0.153470	0.806452
3	0.176036	0.838710
4	0.203181	0.870968
9	0.353387	0.935484

Рисунок 3.17 – Результат тренування машинної моделі за допомогою UI в MacOS Playground'е Xcode

Training Accuracy, в даному випадку, виступає граничним значенням невизначеності, що вказує на те, на скільки результат є правильним. Це значення, які отримані поблизу границь кластерів, на які поділені тренувальні зображення. Виходячи з цього інструментальну похибку не розглядаємо, натомість звертаємо увагу лише на методичну похибку, яка обумовлена недосконалістю методу вимірювання або спрощенням вимірювань.

У якості порівняльної характеристики було побудовано графік залежності граничного значення невизначеності Training Accuracy від кількості ітерацій, зроблених при тренуванні моделі, який наведено на рисунку 3.18. Синьою кривою на графіку відображено показники результату тренування машинної моделі першим методом, а червоною - результат навчання третім методом.

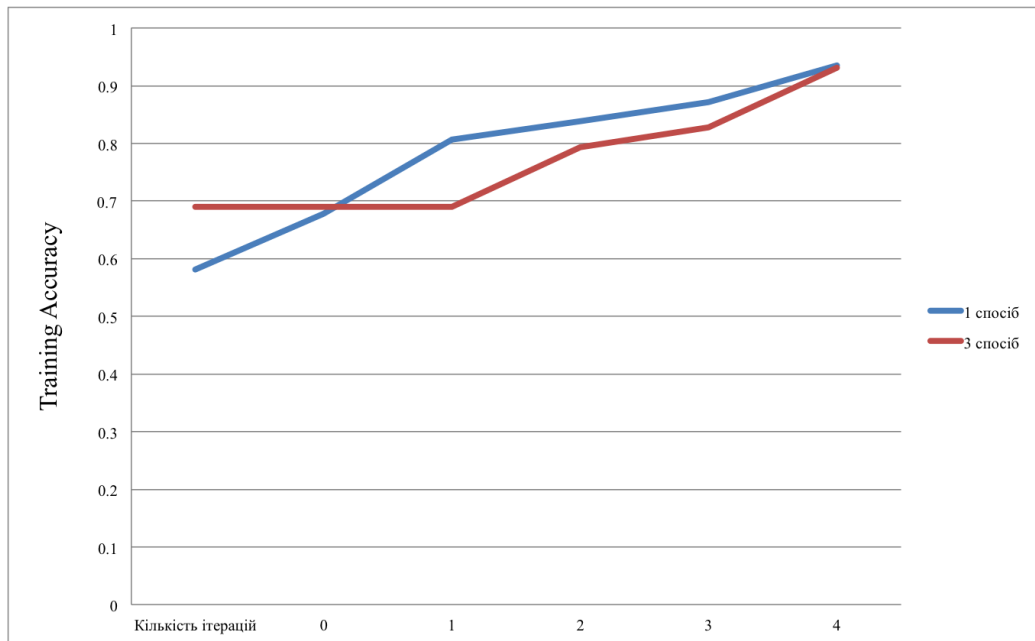


Рисунок 3.18 – Графік залежності результатів, отриманих першим та третім способом тренування моделі від кількості ітерацій

З отриманого графіку залежностей можна зробити висновок, що результати, отримані першим методом, на початку ітерацій мали трохи гірші показники ніж результати, отримані третім способом, але на останній ітерації показники першого методу виявилися приблизно на 0.004 кращими ніж результат, триманий третім методом. Але ця різниця є настільки малою що нею можна знехтувати. Якщо ж звернути увагу на час проходження ітерацій, то на навчання машинної моделі, створеної за допомогою Python та фреймворку Turi Create, пішло трохи менше часу ніж, на навчання моделі, створеної в Playground Xcode. Після даного аналізу можна вважати що обидва методи є достатньо достовірними, тому що обидва результати прямують до 1, тобто до 100% точності.

Також слід звернути увагу на іще один дуже важливий фактор при остаточному виборі моделі для інтегрування у мобільний додаток – на її розмір.

На рисунку 3.19 наведено порівняльну характеристику готових моделей машинного навчання, створених першим та третім способом відповідно.

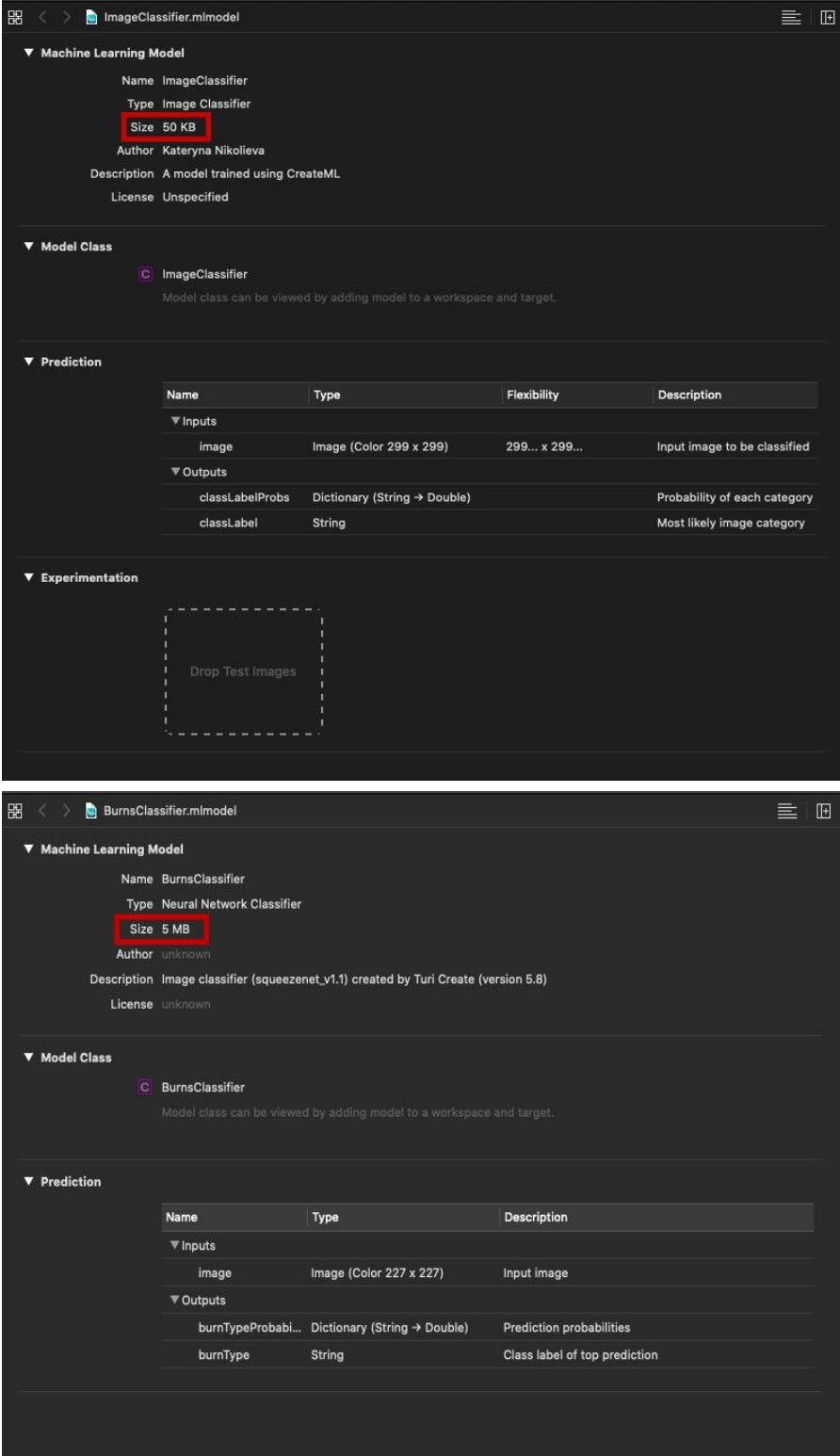


Рисунок 3.19 –Порівняння розміру машинних моделей, створених першим та третім способом

З рисунку 3.19 видно, що модель, створена першим способом має розмір 50кб, а модель, створена третім способом – 5мб.

З порівняльної характеристики розмірів моделей можна зробити висновок, що модель, створена за допомогою мови програмування Python та фреймворку Turi Create має розмір, який у 100 разів більший за розмір моделі, створеної за допомогою Playground Xcode.

Одже, для створення мобільного додатку для аналізу та оцінки характеристик опіків було обрано машинну модель, створену за допомогою першого методу, а саме в Playground Xcode, тому що її розмір набагато менший за розмір моделі, створеної за допомогою третього способу, а це є дуже вагомим фактором для оптимізації готового продукту.

Одна з причин популярності машинного навчання за останні декілька років полягає у тому, що воно знайшло свій шлях на мобільні пристрої.

Сам мобільний додаток має інтерфейс у вигляді екрану з місцем для завантаження зображення, та дві кнопки, що являють собою два способи інтеграції зображень - фотознімок з камери телефону, або отримання уже готового фото з фотогалереї мобільного пристрою.



Рисунок 3.20 – Інтерфейс мобільного додатку для аналізу та оцінки характеристик опіків для операційної системи iOS

У лістингу коду, наведеному нижче показано алгоритм створення сервісу для класифікації зображень за моделлю Create ML.

```

import UIKit
import CoreML
import Vision

final class ImageClassificationService {

    //Обробник для повернення результату класифікації.
    var completionHandler: ((String) -> ())?

    private lazy var classificationRequest: VNCoreMLRequest = {
        do {
            let model = try VNCoreMLModel(for: ImageClassifier().model)
            let request = VNCoreMLRequest(model: model,
completionHandler: { [weak self] request, error in
                self?.handleClassifications(for: request, error: error)
            })
            request.imageCropAndScaleOption = .centerCrop
            return request
        } catch {
            fatalError("Failed to load Image Classifier ML model:
\ (error) ")
        }
    }()

    // Прогноз результату класифікації зображень.
    //
    // - Зображення параметра: Зображення для класифікації.
    func predict(for image: UIImage) {
        let orientation = CGImagePropertyOrientation(rawValue:
UInt32(image.imageOrientation.rawValue))
        guard let ciImage = CIImage(image: image) else {
fatalError("Unable to create \(CIImage.self) from \(image).") }
        DispatchQueue.global(qos: .userInitiated).async {
            let handler = VNImageRequestHandler(ciImage: ciImage,
orientation: orientation!)
            do {
                try handler.perform([self.classificationRequest])
            } catch {
                print("Failed to perform
classification.\n\ (error.localizedDescription) ")
            }
        }
    }
}

```



```

    }

    private func handleClassifications(for request: VNRequest, error:
Error?) {
        guard let results = request.results else {
            completionHandler?(error?.localizedDescription ?? "Error
occured")
            return
        }
        guard let classifications = results as?
[VNClassificationObservation],
            let bestClassification = classifications.first else {
            return
        }
        let prediction = bestClassification.identifier
        completionHandler?(prediction)
    }
}

```

Далі при завантаженні зображень у додаток навчена нейронна мережа буде готова до аналізу та прогнозуванню результату. Приклад роботи мобільного додатку наведений на рисунку 3.21.

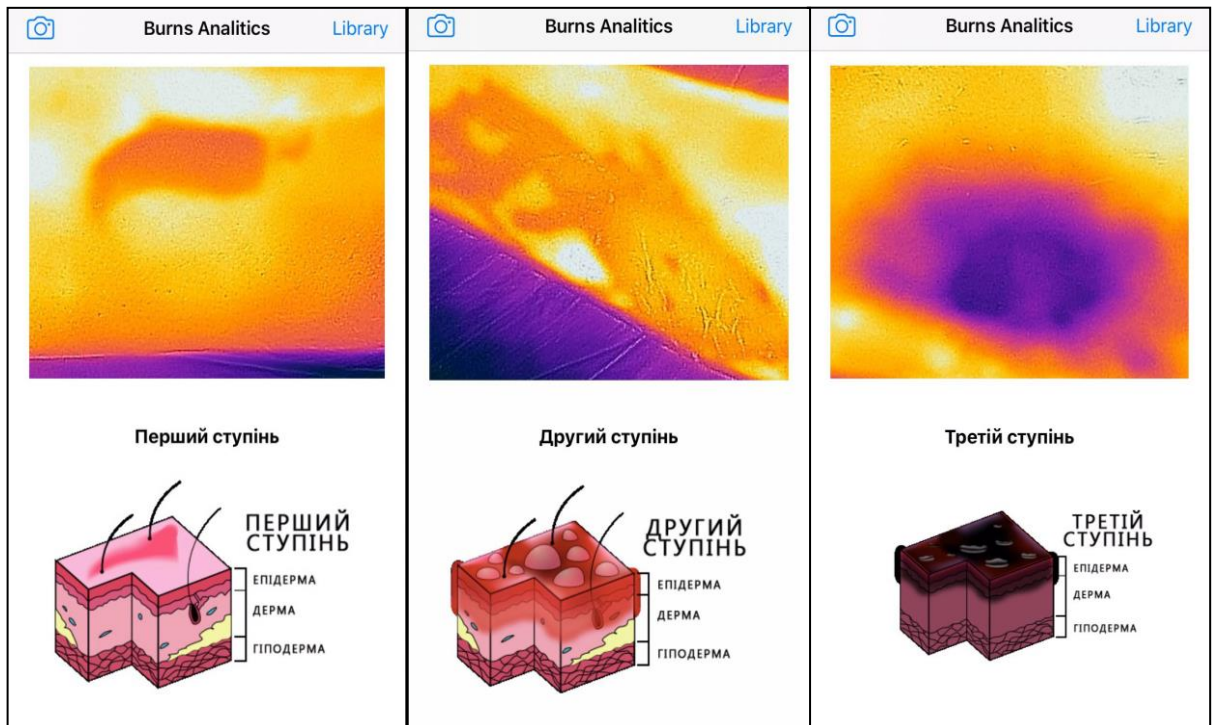


Рисунок 3.21 – Приклад роботи мобільного додатку з навченою машинною моделлю

З рисунку 3.21 видно що машинна модель створена і натренована правильно, тому що вона точно класифікує тестові теплові зображення опіків на їх ступені.

Висновки

В даному розділу було розглянуто отримані термограми ураженої опіками шкіри людини, проаналізовано ступінь і характеристики уражень по їх тепловим знімкам.

Розглянуто основні методи створення моделей машинного навчання, проаналізовано основні алгоритми їх тренування. Отримано порівняльну характеристику у вигляді графіку залежності граничного значення невизначеності Training Accuracy від кількості ітерацій, зроблених при тренуванні моделі першим способом - за допомогою UI в MacOS Playground Xcode та третім способом – за допомогою алгоритму, написаного на мові програмування Python, та фреймворку Turi Create. У результаті порівняльного

аналізу було зроблено висновок, що обидві моделі мають достатньо високий рівень точності, який наближається до 100%.

Запропоновано модель, створену першим методом, для подальшого інтегрування у мобільний додаток.

Розроблено мобільний додаток для аналізу та діагностики характеристик опіків з використанням їх теплових знімків та навченої машинної моделі.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»

4.1 Опис ідеї проекту

Температурні показники поверхні шкіри людини з давніх давен використовувались у медицині для діагностики пацієнтів з патологіями різного типу.

Розглянувши в попередніх розділах ефективність в діагностиці та моніторингу лікування захворювань за допомогою застосування інфрачервоної термографії в різних областях медицини в цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту «Інформаційно-вимірювальна система оцінки параметрів опікових уражень на базі технології штучного інтелекту».

Ідея проекту полягає у використанні технології штучного інтелекту та машинного навчання для досягнення автоматизованості при дослідженні типів та характеристик опіків за допомогою їх зображень в тепловому інфрачервоному діапазоні, що уточнено наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї *стартап проекту*

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Пропонується модель, у вигляді мобільного додатку, яка здатна аналізувати види та характеристики опіків за допомогою їх зображень в тепловому інфрачервоному діапазоні.	Опікові відділення та діагностичні центри.	Швидка та зручна діагностика характеристик опіку, яка не потребує безпосереднього контакту зі шкірою людини.
	Травматологія	Прискорення уточнення та аналізу уражень і травм.

Така розробка як система беконтактної оцінки параметрів опікових уражень має бути спроектована так, щоб мати можливість стати успішним бізнес проектом. Запропоноване дослідження є новим способом діагностики

характеристик опіків за допомогою застосування інфрачервоної термографії в поєднанні з використанням технології штучного інтелекту, що дозволяє проводити вдосконалений безконтактний аналіз глибини ураженої шкіри. Пропонується розробка стартап проекту, яка має цінність для використання даної технології в медицині, а також в інших сферах аналізу та обробки даних, отриманих шляхом навчання моделі для створення власної нейронної мережі.

Виходячи з цього, такий розділ магістерської роботи, яка стартап проект, є досить вагомим та важливим. Для цього розглядаються рішення для розробки перспективного проекту з ринковою актуальністю, перспективністю, організованістю, фінансовим аналізом, планом для просування пропозиції інвесторам, аналізом ризиків і можливостей, маркетинговим плануванням.

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економічні характерист ики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтрал ьна сторона)	S (силь на стор она)
		Мій проект	IBM Watson	Zebra Medical Vision			
1.	Вартість розробки	12000	2400000 00000	100000000	-	-	+
2.	Час розробки	6 місяців	12 місяців	12 місяців	-	-	+

3.	Технології	Сучасні з високим рівнем автоматизації	Сучасні, сильний рівень автоматизації, але занадто велика вартість	Сучасні, автоматизовані, точні, занадто велика вартість	-	-	+
4.	Відомість	Відсутня	Велика	Велика	+	-	-

З чотирьох проаналізованих характеристик, три з них є сильною стороною проекту, одна слабка. Це означає що в проекті домінують сильні сторони, він має вагомі переваги у низькій вартості над аналогами, та не поступається їм у сучасності та технологічності, що, в свою чергу, позитивно показує усі можливості даного проекту стати успішним.

4.2 Технологічний аудит проекту

В цьому розділі висвітлено технічні особливості, спектр можливих технологічних рішень. Для аналізу здійсненності проекту використаємо таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Система аналізу та оцінки характеристик опіків на базі	Комп'ютерна пореційною системою Mac OS.	+	+
		Програмне забезпечення	+	+

використання технології штучного інтелекту	Тепловізор	+	+
	Мобільний телефон iPhone з версією iOS 10 та вище	+	+
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Мобільний додаток з заздалегідь навченою машинною моделлю на основі теплових знімків ураженою опіками шкіри.			

Використання штучного інтелекту для медичної діагностики є досить новим та швидко зростаючим у розвитку напрямком отже для досягнення конкурентоспроможності на ринку потрібно застосовувати максимально новітні, ефективні та доступні рішення. З такою метою було створено мобільний додаток для операційної системи iOS та обрано технологію від компанії Apple Core ML з покращенням алгоритму роботи машинного навчання для досягнення більшої точності та кращого результату для оцінки опікових уражень шкіри на основі їх теплових знімків [29]. Всі технології та технічні засоби є доступними та мають можливість бути використані в даному стартап проекті.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо основні ризики та ринкові можливості, які можуть виникнути під час ринкового впровадження проекту. Зі урахуванням всіх складових ринкового положення, попит цільових клієнтів та пропозиції конкурентів. Ці знання будуть необхідними під час запуску проекту на ринок.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку(таблиця 4.4)

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
-------	--------------------------------------	----------------

1	Кількість головних гравців, од	20
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000000000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стабільно зростаюча
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	25%

Розглянувши таблицю стає зрозуміло що ринок на даний момент часу налічує мало конкурентів, але ринок є зростаючим та прогресивним отже з плином часу конкурентів у даній галузі буде все більше. Слід зазначити, що головною загрозою є інноваційні компанії та компанії гіганти, бо вони мають більші фінансові та технологічні можливості.

Далі визначено потенційні групи клієнтів, їх характеристики, також сформовано приблизний перелік вимог до системи для кожної групи.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до послуги
1	Швидкий та безконтактний спосіб оцінки характеристик опіків	Опікові відділення та центри	Надійність, точність, ефективність, простота в використанні	Точна оцінка характеристик уражень без прямого контакту зі шкірою
2	Широкий спектр можливостей для діагностики опіків	Діагностичні медичні центри	Ефективність та автоматизація	Надійність, точність та функціональність

З таблиці очевидно, що дана розробка набуде широкого використання в сфері медичної діагностики та травматології для покращення та автоматизації в дослідженні опікових уражень та швидкому призначенні потрібного лікування.

Таблиця 4.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Похибка оцінки	Ризик отримати не привильний результат в процесі аналізу	Вдосконалення точності алгоритму класифікації забражень
2.	Ринок	Поява великої кількості конкурентноспроможних компаній	Нова маркетингова стратегія
3.	Не відомість	Клієнт не дізнається про компанію	Потужна маркетингова стратегія
4.	Не обізнаність	Не достатня кількість потрібних медичних знань	Залучення кваліфікованих спеціалістів

Виходячи з таблиці, яка наведена вище, можна зробити висновок, що існують деякі вагомні фактори, які можуть значно погіршити вихід та закріплення даного проекту на ринку. Але для боротьби з цими проблемами наведено рішення, які мають допомогти стартапу подолати усі наведені загрози. Після аналізу результату, проект можна вважати надійним.

Разом із загрозами існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 4.7 Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Невелика кількість прямих конкурентів	Швидке закріплення на ринку	Розробка та використання новітніх технологій для захоплення провідних галузей ринку
2.	Покращення існуючих технологій	Написання нових алгоритмів для підвищення точності оцінки	Використання більш нового та оптимізованого програмного забезпечення та його продаж
3.	Невелика вартість	У порівнянні з конкурентами значно менша вартість готового продукту	Збільшення продажу програмного забезпечення

Враховавши усі перелічені можливості, та порівнявши їх з ризиками, можна дійти висновку що стартап перекидає ризики своїми можливостями.

Важливим є розуміння усіх можливих конкурентів та їх можливостей до швидкої адаптації. Також важливим є їх можливий вплив на ринок. Це детально наведено в таблиці 5.8

Таблиця 4.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Складність	Постійна та жорстока боротьба за клієнта	Особливі пропозиції
Технологічність	Невпинний розвиток науки і техніки	Вдосконалення продукту
Спеціалізаційність	Великий досвід роботи з клієнтами	Залучення експертів
Стабільність китів	Відсутність бажання змін	Демонстрація переваг

В цій сфері основними проблемами для конкурентоспроможності є високий рівень технологій і можливість конкурентів підтримувати цей рівень, проте через малу кількість пропозицій є гарна можливість висунути свій товар на ринок підкресливши його унікальність та ефективність. В таблиці наведені дії для поліпшення конкурентного становища компанії.

Після аналізу конкуренції нижче наведений більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 4.9 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	IBM Watson	Zebra Medical Vision	IBM	Медичні центри та клініки	Існуючі методи діагностики

Висновки:	Потужний конкурент.	Конкурент в майбутньому	Один із найбільших світових виробників усіх видів комп'ютерів і програмного забезпечення, один з найбільших провайдерів глобальних інформаційних мереж	Використовують розроблений штучний інтелект для аналізу та обробки інформації про здоров'я людини та допомагає лікарям поставити остаточний діагноз	Визначення глибини ураження шляхом висмикування на ділянці опіку окремих волосся
-----------	---------------------	-------------------------	--	---	--

Наведені у таблиці вище компанії є дуже потужними конкурентами на даний момент часу. Для можливості боротьби та досягнення конкурентоспроможності в наведеній нижче таблиці описані потрібні фактори.

Таблиця 4.10 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Запропонована найнижча ціна
2	Час розробки	Замовників цікавить мінімальний час розробки
3	Технології	Цей проект використовує найефективніші технології
4	Підтримка	Конкуренти надають схожі послуги
5.	Унікальність	Конкуренти не використовують таку технологію

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим продуктом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	20	+						
2	Час розробки	19		+					
3	Технології	20				+			
4	Підтримка	17						+	
5.	Гнучкість	15					+		

З таблиць 4.10 та 4.11 бачимо що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають вагомий позитивний внесок при впровадженні нового методу моделювання опіків. Основною перевагою та головним досягненням є унікальність та ефективність розробки.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities), пов'язаних з його здійсненням.

SWOT - аналіз стартап-проекту представлений в таблиці 8.3.

Таблиця 4.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Сучасні технології 2. Унікальність 3. Розширюваність 4. Ціна	Слабкі сторони: 1. Слабкі можливості підтримки 2. Не відомість торгової марки
Можливості: 1. Швидке закріплення на ринку 2. Швидкий наплив клієнтів 3. Широкі можливості для інновацій	Загрози: 1. Жорстка боротьба за клієнта 2. Швидкий розвиток технологій 3. В небажані змін в великих компаніях

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складений на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Середня	3 місяці
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Середня	5 місяців
3	Стратегія виходу з ринку	-	2 місяць

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу присутніми ринковими можливостями.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Споживачами проекту обрано організації та компанії, що можуть використовувати у своїй роботі наявну систему. Так товар новий на існуючому ринку, то обрано стратегію розвитку тоавару. Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно конкретизувати цільову групу потенційних споживачів(Таблиця 4.14).

Таблиця 4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Опікові відділення та центри.	Так	Вище середнього	Велика	Просто
	Діагностичні медичні центри	Так	Середній	Середня	Просто
<p>Які цільові групи обрано: Опікові відділення та центри.</p> <p>Під час аналізу потенційних груп споживачів було вирішено, що компанія буде працювати із опіковими відділеннями та медичними центрами.</p>					

Виходячи з проведеного аналізу потенційних груп споживачів, було обрано такі цільові групи як опікові відділення та діагностичні медичні центри. Ці цільові групи мають найвищий попит на продукцію для моделювання та діагностики в медичній сфері та є відносно простими для входу в сегмент.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.

Таблиця 4.15 – Базова стратегія розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія спеціалізації (передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок. Мета тут полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти. Така стратегія може спиратися на лідерство по витратах у рамках сегменту систем моделювання для виробників медичного обладнання. Проте низька ринкова доля у разі невдалої реалізації стратегії може істотно підірвати конкурентоспроможність компанії.)
Стратегія охоплення ринку	Стратегія повного охоплення ринку (компанія прагне задовольнити потреби ринку в цілому. Ця стратегія може бути реалізована шляхом розробки і виготовлення приладів діагностики побудованих на основі розглянутої системи).
Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Покращення та здешевлення виробництва за рахунок масовості, підтримка системи після продажу.
Базова стратегія розвитку	Стратегія концентрованого зростання (стратегія, яка пов'язана зі зміною продукту і (або) ринку. У разі дотримання стратегії компанія поліпшує систему або починає виробляти нову, не змінюючи при цьому його призначення. Що стосується ринку, то компанія шукає можливості поліпшення свого становища на існуючому ринку або ж переходу на новий ринок).

В даній таблиці можна спостерігати обрані стратегії розвитку. Як базовою стратегією було обрано концентрованого зростання, з постійним покращенням автономних систем. У якості альтернативної стратегії є націленість на конкретну сферу, а саме споживацьку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (Таблиця 4.16).

Таблиця 4.16 – Вибір стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Так	Забирати існуючих	Лише мету використання	Стратегія захвату ринкової ніші.

Стратегію лідера можуть обирати компанії, які мають значну частку на ринку та стійке ринкове становище. Вони лідирують через механізм рухомих цін, високу якість товару, систематичні нововведення, систему розподілу та просування, тобто через усі елементи маркетингової діяльності. Стратегію виклику лідеру частіше за все використовують компанії, які є другими або третіми серед лідерів ринку. Ці компанії можуть обрати два протилежних рішення: атакувати лідера в боротьбі за частку ринку або наслідувати його.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Точність	Стра-	Ціна, швидкодія,	Ціна.

	ь, ціні, швидкодія техноло -гічність.	тегія концентров аного зростання	точність.	Технології. Унікальність.
--	--	---	-----------	------------------------------

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку.

4.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Для розробки ефективної маркетингової програми першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 4.18 демонструємо сумарні результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Точна та ефективна система аналізу з високою швидкодією	Зручний та сучасний спосіб діагностування характеристик опіків та швидке призначення лікування на основі отриманого результату	Сучасна та унікальна технологія технологія з невеликою кількістю прямих конкурентів

Провівши детальний аналіз потреб клієнтів, проаналізувавши ринок та дослідивши продукт конкурентів можна зробити висновок що для вирішення проблем зручного та швидкого діагностування опікових уражень підходить

розробка мобільного додатку, в основі якого лежить машинна модель, натренована на теплових зображеннях уражень шкіри.

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі *товару*

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Інформаційно-вимірювальна система оцінки параметрів опікових уражень на базі технології штучного інтелекту.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Довговічність(не має строку давності)	Нм	Тх
	2. Модульність	М	Тх
	3. Швидкодія	Нм	Тх
	4. Підтримка масового використання	Нм	Тх
	5. Точність	Нм	Тх
	Якість: відповідає нормам ДСТУ 2844-94		
	Пакування: Програмне забезпечення у вигляді мобільного додатку на операційну систему iOS		
	Марка: “MedicalML” зареєстрована ТМ. Під ТМ “MedicalML” випускається сучасне програмне забезпечення.		
III. Товар із підкріпленням	До продажу с: Консультація з використання та технічна документація		
	Після продажу: Консультаційна та технічна підтримка товару		

Розібравши модель товару на три рівні, Товар за задумом має п'ять технологічних особливостей, які є не матеріальними. Якість товару нормується ДСТУ 2844-94. В пакування входить окремо доступне програмне забезпечення, за бажанням клієнта до комплекту додається компактний портативний тепловізор, який можна легко підключити до мобільного телефону. Також на третьому рівні наведені переваги для споживача.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 4.20).

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	15000 грн	- грн	300000 грн	2000/6000 грн
2	70000 грн	- грн	500000 грн	6500/10000 грн
3	10000 грн в місяць	- грн	70000 грн в місяць	1000/4000 грн в місяць

Враховувати товари-замінники при утворенні ціни не доцільно бо в них занадто висока ціна. Середня ціна на продукти сягає 10000 грн, а доходи потенційних покупців починаються від 70000 грн. Розглянутий варіант виробництва аналізаторів. В третьому випадку наведені ціни підтримки вимірювальних систем в місяць

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Звичайна повторна закупівля	Організація руху товару	1	Дистрибуція через посередника
2	Нова закупівля	Відправка товару через мережу Інтернет	0	Дистрибуція через Інтернет
3	Клієнти в невідомих або в ризикових ринках	Встановлення контактів із споживачами та їх підтримка; Формування попиту і	1-3	Дистрибуція через посередника

		організація збуту збуту;		
--	--	--------------------------	--	--

В наслідок аналізу було знайдено два найбільш вдалих метода системи збуту. Нова та повторна закупівля відрізняються оскільки для повторної закупівлі очікується значне збільшення кількості продукції. Нова закупівля виконується через інтернет, а повторна через компанію-посередника. Також розглянуто функції збуту для клієнтів в невідомих або в ризикових ринках.

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Компанії які користуються товарами або послугами конкурентів	Тематичні конференції, інтернет-пошук, електронна пошта, телефон.	Розсилка листів з пропозицією, зустрічі з обговоренням потенційної співпраці, пропозиція безкоштовного надання товару на пробний період.	Продемонструвати переваги продукту, його новизну і унікальність.	Демонстрація можливого прибутку та строків його отримання, опис перспектив розширення можливостей з новим продуктом
2	Компанії які потребують нового розробника	Тематичні конференції, інтернет-пошук, електронна	Розсилка листів з пропозицією,	Демонстрація ціни в порівнянні з	Інтерактивна презентація

		пошта, телефон.	зустрічі з обговоренням потенційної співпраці. Пропоз иція безкоштовног о надання товару на пробний період.	аналогами Прод емонструва ти переваги продукту, його сучасність та ефективність, таргетована реклама.	виробу з його перевагами над конкурента ми та можливост ями які він надає
--	--	-----------------	---	---	---

Проаналізовані концепції, створять гарне підґрунтя для розвитку взаємин між нашою компанією та потенційними клієнтами. Основним напрямком є залучити клієнтів конкурентів та співпраця з великими компаніями, через те, що готовий продукт має досить вузький напрям для застосування, то ці умови співпраці є найвигіднішими.

4.6 Очікувана ефективність стартап проекту

Оскільки стартап є інноваційним проектом, до нього можна застосувати існуючі показники оцінки ефективності такого проекту.

Для проведення розрахунків ефективності за проектом необхідно[5]:

- 1) визначити статті доходів, що визначаються бізнес-моделлю стартапу і прогнозованими обсягами продажів;
- 2) розбити витрати за проектом на постійні та змінні.

Дохід:

- Продаж програмного забезпечення.
- Продаж тепловізорів.
- Підтримка систем

До постійних витрат відносяться ті витрати, загальна сума яких за певний час не залежить від кількості виготовленої продукції.

- Оренда приміщень.
- Реклама
- Зарплата постійних працівників компанії (інженери, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати представляють собою витрати, загальна сума яких за певний час залежить від обсягу виготовленої продукції.

- Закупка обладнання (персональні комп'ютери з операційною системою Mac OS, тестові девайси) необхідних для створення та тестування вже готового програмного забезпечення;
- Витрати на електроенергію;
- Зарплата робочих;

При отриманні необхідного фінансування ми будемо мати наступну фінансову ситуацію, при розробці імітаційної системи:

Постійні витрати:

- 7 000 грн/міс - Оренда приміщень.
- 15 000 грн/міс - Реклама
- 80 000 грн/міс - Зарплата постійних працівників компанії (інженери, програмісти, маркетологи, менеджери)

Змінні витрати на створення та підтримку програмного продукту:

- 15 000 грн - тепловізор;
- 30 000 грн - зарплата програмістів;
- 200 грн - давачі;

Дохід:

- 10 000 грн - відпускна вартість імітаційного мобільного додатку без додаткових послуг + пдв 2 000 грн

Обсяги виробництва продукції на перші 5 місяців наведено в таблиці 8.7.

Таблиця 5.23 – Обсяги виробництва продукції

Показник	Значення по місяцях, тис. грн.				
	1	2	3	4	5
Загальна потреба в продукції, шт.	30	50	100	1000	7000
Ціна одної системи без тепловізора тис грн.	8	8	8	8	8
Річні обсяги випуску в вартісних показниках (тис. грн.)	240	400	800	8000	56000

Визначимо витрати, необхідні для реалізації поточної діяльності за проектом (таблиця 8.8).

Таблиця 4.24 – Виробничі витрати

№ з/п	Стаття витрат	Сукупні витрати за період місяців, тис. грн.				
		1	2	3	4	5
1	Загальногосподарські витрати, оплата праці постійного персоналу	20	25	30	40	80
1.1	витрати на оренду та утримання приміщень, обладнання	10	15	20	35	50
1.2	витрати на збут, просування та рекламу	15	25	30	35	40
2	Витрати на матеріальні ресурси (комплектуючі, сировина)	80	150	300	350	500
3	Витрати на оплату праці	70	100	150	250	300

Разом:	115	315	530	745	970
--------	-----	-----	-----	-----	-----

Точка безбитковості відображає обсяг виробництва інноваційної продукції, при досягненні якого виручка від реалізації покриває сумарні витрати на її виробництво. Розрахунок точки безбитковості року проводиться за формулою:

$$Tб = \frac{C}{P-V} \quad (8.1)$$

де C – постійні витрати на весь обсяг продукції (ті, які не залежать від обсягу виробництва продукції – загальногосподарські витрати та витрати на оплату праці); P – ціна одиниці продукції;

V – змінні витрати на одиницю продукції.

$$Tб = C/(P-V) = 90/(10-4) = 15 \text{ (Проектів)} \quad (8.2)$$

Графік ефективності проекту наведений на рис. 5.1.

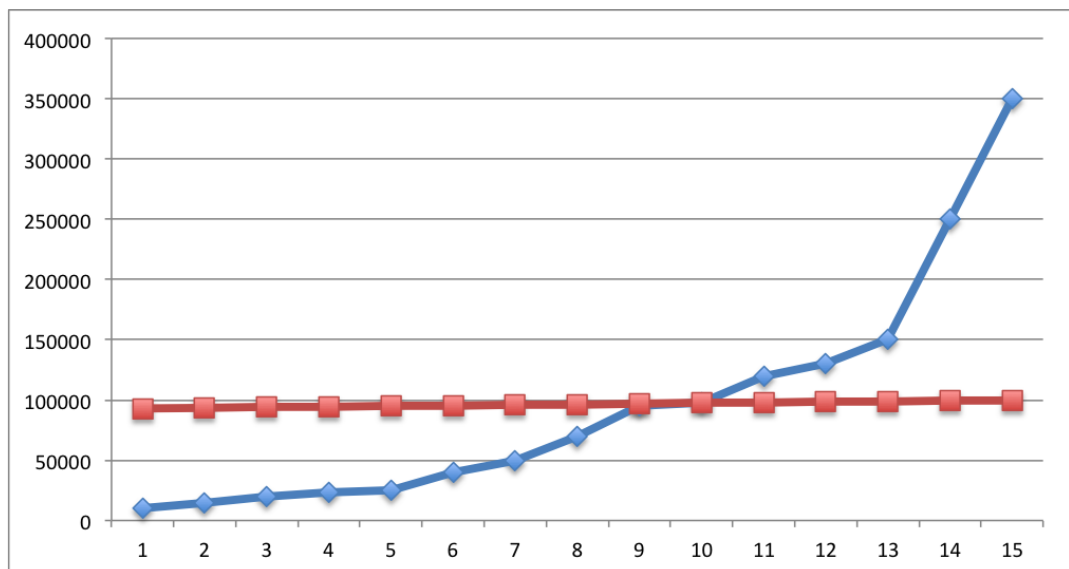


Рис. 4.1– Точка безбитковості проекту

Визначимо формування грошового потоку від реалізації проекту.

Чистий дисконтований дохід (NPV, Net Present Value) – це різниця між надходженнями за весь період інноваційного проекту та інвестиціями в проект. Розрахунок чистого дисконтованого доходу наведений в таблиці 4.19.

Таблиця 4.25 – Формування грошового потоку від реалізації проекту

№	Показник	Значення по місяцях					Разом
		1	2	3	4	5	
1	Надходження від проекту (виручка від реалізації продукції, послуг) \	10	15	120	150	350	645
2	Загальні витрати	93	94	98	99	100	484
3	Грошовий потік	-83	-92	22	35	250	132
4	Акумуляований грошовий потік	-83	-113	135	51	207	-

Оскільки $NPV > 0$ протягом розрахункового періоду, то даний інноваційний проект доцільно прийняти.

Індекс рентабельності інвестицій в проект (ROI, Return On Investment) характеризує рівень грошового потоку, що припадає на одиницю інноваційних витрат і обчислюється за формулою (5.3), коли інвестиція здійснюється багато разів:

$$ROI = \sum_T D_t / \sum_T I_t \quad (4.3)$$

де D_t – надходження у відповідному періоді;

I_t – інвестиція у відповідному періоді.

Індекс рентабельності за 5 місяців:

$$645/484 = 1,33 \quad (4.4)$$

Показник $ROI > 1$, отже даний інноваційний проект доцільно прийняти. Даний критерій ROI використовують при виборі певного проекту із декількох альтернативних, у яких NPV приблизно однакові.

Період окупності інвестицій (Ток) – це розрахунковий термін від початку реалізації проекту, починаючи з якої акумульований грошовий потік (ACF) приймає стійке позитивне значення. Іншими словами, це – період (вимірюваний в місяцях, кварталах або роках), починаючи з якого первинні вкладення та інші витрати, пов'язані з інвестиційним проектом, покриваються сумарними результатами його здійснення.

Термін окупності розраховується за формулою :

$$T = t + |ACF_{t-}| / (|ACF_{t-}| + |ACF_{t+}|) = 3 + 135 / (135 + 207) = 3.39 \quad (5.5)$$

де t – останній періоду реалізації проекту, при якому акумульований грошовий потік (різниця накопиченого доходу і витрат) приймає від'ємне значення;

ACF_{t-} – це остання від'ємна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.);

ACF_{t+} – це перша позитивна різниця накопиченого доходу та витрат (грн.).

Отже, на 4-му місяці після початку реалізації проект повністю окупить себе.

Для реалізації описаного стартап проекту не виникає гострої потреби у фінансуванні:

Разові витрати:

- Обладнання: 24000 грн.

Постійні витрати

- Електроенергія та комунальні послуги – 1000 грн\міс
- Оренда приміщень - 7 000 грн\міс.

4.7 Висновки до розділу.

Опіки - комплексна травма внаслідок високотемпературного, хімічного, електричного або радіаційного впливу на тіло, яке руйнує і / або пошкоджує шкіру і підлеглі тканини.

Важливою задачею діагностики тяжкості травми при опіках є визначення площі і глибини ураження на початковому етапі опікової хвороби, тобто в перші години після отримання травми. Оцінка площі опікового ураження на даний час не є проблемою, відомо багато методів її визначення. Але, стосовно оцінки глибини уражених тканин, ситуація зовсім інша. Не дивлячись на велику кількість запропонованих методів апаратурної оцінки глибини опікових уражень [1], в медичній практиці і досі застосовуються застарілі методи.

Актуальність запропонованого рішення полягає в тому, що на сьогодні не існує зручного і швидкого методу точної оцінки ступеню і характеристик опіку і тому розробка мобільного додатку з заздалегідь навченою машиною моделлю являє собою чудову сучасну альтернативу існуючим методам аналізу.

Стартап може виконанати і одна людина, але, при залученні потрібної кількості кваліфікованих спеціалістів з медичною освітою забезпечивши їх необхідним обладнанням можна досягти поставлених цілей для покращення діагностики і лікування опікових уражень.

У ході розділу було визначено основні напрямки використання даного рішення та проаналізовано можливості ринку для успішної реалізації бізнес-проекту. Було визначено сильні та слабкі сторони стартапу та зроблено висновок, що сильні значно переважають слабкі, а отже це дає розуміння того, що даний проект має усі шанси на перспективу та успіх. Також було проаналізовано конкурентоспроможність і в результаті отримано ринкову програму, що враховує концепції товару, систему збуту, ціноутворення та концепції маркетингових комунікацій. Базуючись на цьому, буде впроваджено проект з його обраною ринковою поведінкою.

За стратегію для розвитку і закріпленні на ринку стартапу було обрано концентрованого зростання. Дана стратегія включає в себе зміну продукту і ринку. Компанія, що обрала за основу цю стратегію, націлена на покращення свого продукту, або запуск нового, не змінюючи при цьому галузеву приналежність. Якщо брати до уваги ринок, то компанія шукає можливості поліпшення свого становища на існуючому ринку або ж переходу на новий ринок.

Після проведення аналізу потенційних груп споживачів було обрано опікові відділення та діагностичні медичні центри, як цільову аудиторію. Ці групи мають найвищий попит на автоматизовану систему оцінки та аналізу характеристик опіків з використанням технології штучного інтелекту та є відносно простими для входу в сегмент.

Як висновок, даний стартап проект можна вважати перспективним, тому, що він містить у собі сучасні та прогресивні технології і має більше переваг і можливостей ніж ризиків. Даний ринок є стрімко зростаючим, але на дану технологію саме в цей час існує великий попит. Розроблена система є перспективною для впровадження у виробництві через те, що є доступною, не дуже дорогою, у порівнянні з аналогами та має велику цінність для використання запропонованої технології в медицині, а також в інших сферах аналізу та обробки даних, отриманих шляхом навчання моделі для створення власної нейронної мережі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Базуючись на основні методи дослідження, аналізу та діагностики характеристик опіків та огляду існуючих рішень було зроблено висновок, що на даний момент не існує адекватних та автоматизованих рішень для пришвидшення призначення правильного лікування постраждалим. Тому було розроблено мобільний додаток та інтегровано в нього модель машинного навчання, треновану на теплових зображеннях опікових уражень шкіри.

Було розглянуто термографічний метод для діагностики характеристик опіку та способи отримання термограм уражень для подальшого навчання машинної моделі на них.

Обґрунтовано поняття нейронної мережі та штучного інтелекту та проаналізовано способи створення моделей машинного навчання. Створено різними способами моделі машинного навчання та проведено порівняльну характеристику їх параметрів.

Для вирішення проблеми автоматизації аналізу та оцінки характеристик опіків було обрано кращу модель машинного навчання на базі використання фреймворку, що забезпечує функції машинного навчання і комп'ютерного зору в операційній системі iOS, який має назву Core ML.

Для аналізу уражень шкіри уже заздалегідь навчена машинна модель інтегрується в мобільний додаток, написаний на мові програмування Swift, та при завантаженні нових теплових зображень з високою точністю може визначити усі характеристики опіку. Таким чином процес діагностики, та, відповідно, вибір правильного підходу до способу надання медичної допомоги стає швидшим, кращим та прогресивнішим порівняно з уже відомими методами.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ожоги / Под ред. Б. С. Вихриева, В. М. Бурмистрова . -2-е издание, перераб и доп. – Л.: Медицина, 1986. -272 с.
2. Leland R. Chick, M. D., Graham D. Lister, M. D., and Lisa Sowder, M. D. Early Free-Flap Coverage of Electrical and Thermal Burns //Plast. Rec. Surgery.- 1992.- Vol. 89,№ 6.- P. 1013 -1019.
3. Организация экстренной медицинской помощи населению при стихийных бедствиях и других чрезвычайных ситуациях. / Под ред. В. В. Мешкова. - М. :Медицина, 1991. – 208 с.
4. Коваленко ОМ. Патогенетичне обґрунтування програм хірургічного лікування дітей з поширеними опіками та вплив їх на перебіг ранового процесу: автореф. дис. ...д—ра мед. наук: К., 2012: 40 с.
5. Perry ZH, Palivatkel M, Yanculewitch N, Koren L, Rosenberg N. Burns risk factors and treatment // Harefuah.- 2009.- Vol.148, №6.- P.375-380.
6. Пекарский Д.Е., Шалимов А.А. Ожоговый шок. Киев. 1976.
7. Арьев Т.Я., Термические поражения. Л., Медицина, 1966, 704 с.
8. Хушкадаиов З.К. Патоморфологические изменения наружных тканей и внутренних органов при термической травме / З.К. Хушкадаиов, Ю.И. Пиголкин, С.С. Курбонов, Х.М. Мирзоев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. – 2008. - №4. – С. 78-83.
9. Термічні ураження : Посіб. для студ. вищ. мед. закл. IV рівня акредитації / В. В. Бігуняк, М. Ю. Повстяний. - Т. : Укрмедкнига, 2004. - 196 с.
10. Военно-полевая хирургия / Антипенко В.С., Бадалов В.И., Борисов М.Б. и др.; под ред. Е.К. Гуманенко. □ СПб. : Фолиант, 2004. – 462 с.
11. Хушкадаиов З.К. Патоморфологические изменения наружных тканей и внутренних органов при термической травме / З.К. Хушкадаиов, Ю.И. Пиголкин, С.С. Курбонов, Х.М. Мирзоев // Известия Академии наук Республики Таджикистан. – 2008. - №4. – С. 78-83.

12. Бігуняк В.В. Термічні ураження / В.В. Бігуняк, Н.Е. Повстяний. –Тернопіль.: Укрмедкнига, 2004. –196 с.
13. Вилявин Г. Д., Шумова О. В. Патогенез и лечение ожоговой болезни. — М. : Медгиз, 1963. — 276 с.
14. Солошенко В.В. Диагностика и хирургическое лечение пострадавших при взрывах метано-угольной смеси. Дисс. на соиск. ... доктора медицинских наук. Санкт-Петербург 2017.
15. Азолов В.В., Дмитриев Г.И., Хирургическое лечение последствий ожогов, Н.Новгород, 1995, 182 с.
16. Алексеев А.А., Кудзоев О.А., Тютюма П.Н., Клименто М.В., Скуба Н.Д., Гришшина И.А., Агафонов В.А., Хирургическая обработка гранулирующих ран у обожженных. Международный конгресс "Комбустиология на рубеже веков. М., 2000, с.131-132.
17. Али-Заде С.Г., Василенко А.С., Раннее хирургическое лечение ограниченных глубоких ожогов конечностей, Актуальные проблемы термической травмы: Материалы международной конференции, Санкт-Петербург, 2002, с. 238.
18. Повстяной Н.Е., Сизов В.М., Коваленко О.Н. и соавт., Оперативное лечение глубоких ожогов с поражением подлежащих тканей и их последствий. Методические рекомендации, Киев, 1990, 35 с.
19. Holland A.J., Martin HC, Cass DT. Laser Doppler imaging prediction of burn wound outcome in children // Burns. - 2002. - Feb; 28 (1), - P.11-17.
20. Способ определения границы патологического состояния биологической ткани. Кривихин В.Т., Чекмарев В.М., Буркин И.И., Лебедьков Е.В., Александров М.Т.. Бюл.№ 6, 1999 р., № публікації 97116214ru від 27.06.1999 р.
21. Патент № 100841U UA, заявл. 06.03.2015, опубл. 10.08.2015, Спосіб ультразвукової діагностики глибини опіків.
22. Патент № 118540U UA, заявл. 14.03.2017, опубл. 10.08.2017, бюл. №15. Спосіб діагностики тяжкості опікового ураження.

23. Патент № 2233621 U RU, заявл. 31.03.2003, опубл. 10.08.2004, Способ диагностики некрозов мягких тканей.
24. Патент № 30566 A UA, A61B 8/13, заявл. 29.05.1998, опубл. 15.11.2000, Спосіб визначення об'єму загиблих тканин при опіках IV ступеня.
25. Monstrey S. Assessment of burn depth and burn wound healing potential / S. Monstrey, H. 45 Hoeksema, J. Verbelen, A. Pirayesh, Ph. Blondeel // Burns.- 2008. -Vol. 34, №6. -P. 761-769.
26. Патент РФ № 2339300. Способ диагностики глубины ожоговой раны(с помощью тепловизионного исследования)/ Кислицин П.В., Аминев В.А., Прилучный М.А., Колесов С.Н. опубл. 27.11.2008.
27. Патент № 92821 U, UA. Спосіб визначення глибини ураження при дермальних опіках. Опубл. 10.09.2014.
28. Цветаев Е.В., Новиков А.Н., Баиндурашвили А.Г., Инфракрасное зондирование тканей метод объективной оценки глубины ожога. Материалы научной конференции: Актуальные проблемы травматологии и ортопедии./ Часть II, Термическая травма, 2001, с. 125-126.
29. Core ML, Apple Developer Documentation Режим доступа <https://developer.apple.com/documentation/coreml>
30. Create ML, Apple Developer Documentation Режим доступа <https://developer.apple.com/documentation/createml>

ДОДАТОК А. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

```

final class Burn {

  let name: String
  let image: String
  let description: String

  init(name: String, image: String, description: String) {
    self.name = name
    self.image = image
    self.description = description
  }
}

final class BurnsAnalytics {

  static func getBurn(type: String) -> Burn? {
    switch type {
    case "Without":
      return Burn(name: "Опіку немає", image: "0", description: "Шкіра без пікових уражень")
    case "First":
      return Burn(name: "Перший ступінь", image: "1", description: "Ступінь I (легкий) — почервоніння (гіперемія) і набряк шкіри")
    case "Second":
      return Burn(name: "Другий ступінь", image: "2", description: "Ступінь II (середній) — утворення дрібних пухирів з прозорим вмістом (руйнуються дрібні лімфатичні судини — лімфокапіляри)")
    case "Third":
      return Burn(name: "Третій ступінь", image: "3", description: "Ступінь IIIa (середньо-важкий) — утворення великих пухирів з мутним вмістом (ушкодження шкіри і підшкірної клітковини).\n Ступінь IIIb (важкий) — частина великих пухирів тріскає, утворюючи мокрі виразки або малюнок «потрісканої землі» (глибокий опік)")
    default:
      return nil
    }
  }
}

import UIKit

extension CGImagePropertyOrientation {

  init(_ orientation: UIImage.Orientation) {
    switch orientation {
    case .up: self = .up
    case .upMirrored: self = .upMirrored
    case .down: self = .down
    case .downMirrored: self = .downMirrored
    }
  }
}

```

```

        case .left: self = .left
        case .leftMirrored: self = .leftMirrored
        case .right: self = .right
        case .rightMirrored: self = .rightMirrored
    }
}

import UIKit
import CoreML
import Vision

/// Service used for performing a classification of images by a ML model.
final class ImageClassificationService {

    /// Handler for returning classification result.
    var completionHandler: ((String) -> ())?

    private lazy var classificationRequest: VNCoreMLRequest = {
        do {
            let model = try VNCoreMLModel(for: ImageClassifier().model)
            let request = VNCoreMLRequest(model: model, completionHandler: { [weak self]
request, error in
                self?.handleClassifications(for: request, error: error)
            })
            request.imageCropAndScaleOption = .centerCrop
            return request
        } catch {
            fatalError("Failed to load Image Classifier ML model: \(error)")
        }
    }()

    /// Predict the result of image classification.
    ///
    /// - Parameter image: Image to classify.
    func predict(for image: UIImage) {
        let orientation = CGImagePropertyOrientation(rawValue:
UInt32(image.imageOrientation.rawValue))
        guard let cilImage = CIImage(image: image) else { fatalError("Unable to create
\\(CIImage.self) from \\(image).") }
        DispatchQueue.global(qos: .userInitiated).async {
            let handler = VNImageRequestHandler(cilImage: cilImage, orientation: orientation!)
            do {
                try handler.perform([self.classificationRequest])
            } catch {
                print("Failed to perform classification.\\n\\(error.localizedDescription)")
            }
        }
    }

    private func handleClassifications(for request: VNRequest, error: Error?) {
        guard let results = request.results else {
            completionHandler?(error?.localizedDescription ?? "Error occurred")
            return
        }
        guard let classifications = results as? [VNClassificationObservation],

```

```

        let bestClassification = classifications.first else {
            return
        }
        let prediction = bestClassification.identifier
        completionHandler?(prediction)
    }
}

import UIKit
import MobileCoreServices
import SafariServices

class ViewController: UIViewController {

    @IBOutlet weak var titleLabel: UILabel!

    @IBOutlet weak var tableView: UITableView! {
        didSet {
            setupTableView()
        }
    }

    @IBOutlet weak var picture: UIImageView!

    var cellData = [CellData]()

    var newPic: Bool = false
    var inputPicture: UIImage?
    private let classificationService = ImageClassificationService()

    override func viewDidLoad() {
        super.viewDidLoad()
        self.title = "Burns Analitics"
        cellData.append(.info("Для отримання інформації завантажте зображення"))
        classificationService.completionHandler = { [weak self] prediction in
            DispatchQueue.main.async {
                self?.updatePredictionLabel(with: prediction)
            }
        }
    }

    private func updatePredictionLabel(with prediction: String) {
        titleLabel.text = prediction
        if let burn = BurnsAnalitics.getBurn(type: prediction) {
            cellData = []
            cellData.append(.burnDescription(burn))
            tableView.reloadData()
        }
    }

    @IBAction func openCamera(_ sender: UIBarButtonItem) {
        if
        UIImagePickerController.isSourceTypeAvailable(UIImagePickerController.SourceType.camera)
        {
            let imagePicker = UIImagePickerController()

```

```

        imagePicker.delegate = self
        imagePicker.sourceType = UIImagePickerController.SourceType.camera
        imagePicker.mediaTypes = [kUTTypeImage as String]
        imagePicker.allowsEditing = false
        self.newPic = true
        self.present(imagePicker, animated: false, completion: nil)
    }
}

@IBAction func openPhotoLibrary(_ sender: UIBarButtonItem) {
    if
UIImagePickerController.isSourceTypeAvailable(UIImagePickerController.SourceType.camera)
    {
        let imagePicker = UIImagePickerController()
        imagePicker.delegate = self
        imagePicker.sourceType = UIImagePickerController.SourceType.photoLibrary
        imagePicker.mediaTypes = [kUTTypeImage as String]
        imagePicker.allowsEditing = false
        self.present(imagePicker, animated: false, completion: nil)
        self.newPic = false
    }
}

extension ViewController: UIImagePickerControllerDelegate, UINavigationControllerDelegate {

    func imagePickerController(_ picker: UIImagePickerController,
didFinishPickingMediaWithInfo info: [UIImagePickerController.InfoKey : Any]) {
        DispatchQueue.main.async() { [weak self] in
            guard let self = self else { return }
            let mediaType = info[UIImagePickerController.InfoKey.mediaType] as! NSString

            if mediaType.isEqual(to: kUTTypeImage as String) {
                let image = info[UIImagePickerController.InfoKey.originalImage] as! UIImage
                self.picture.image = image
                self.classificationService.predict(for: image)
                if self.newPic == true {
                    UIImageWriteToSavedPhotosAlbum(image, self, #selector(self.imageError), nil)
                }
            }
            self.dismiss(animated: true, completion: nil)
        }
    }

    @objc func imageError(image: UIImage, didFinishSavingWithError error: NSErrorPointer,
contextInfo: UnsafeRawPointer) {
        if error != nil {
            let alert = UIAlertController(title: "Save Failed", message: "Failed to save image",
preferredStyle: .alert)
            let cancelAction = UIAlertAction(title: "OK", style: .cancel, handler: nil)
            alert.addAction(cancelAction)
            self.present(alert, animated: true, completion: nil)
        }
    }
}

```

```

enum CellData {
    case info(String)
    case burnDescription(Burn)
}

private extension ViewController {
    func setupTableView() {
        tableView.dataSource = self
        tableView.rowHeight = UITableView.automaticDimension
        tableView.contentInset = UIEdgeInsets(top: 0, left: 0, bottom: 30, right: 0)
        tableView.registerCell(withClass: AnalisInfoCell.self)
        tableView.registerCell(withClass: DetailsCell.self)
    }
}

extension ViewController: UITableViewDataSource {
    func tableView(_ tableView: UITableView, numberOfRowsInSectionSection section: Int) -> Int {
        return cellData.count
    }

    func tableView(_ tableView: UITableView, cellForRowAt indexPath: IndexPath) ->
    UITableViewCell {
        guard let cell = cellData[safe: indexPath.row] else {
            return UITableViewCell()
        }
        switch cell {
        case let .burnDescription(burn):
            let cell = tableView.dequeueReusableCellWithClass(DetailsCell.self, path: indexPath)
            cell.configureCell(burn: burn)
            cell.openSafari = { [weak self] in
                guard let strongSelf = self else { return }
                guard let url = URL(string: "https://www.dobrobut.com/ua/library/c-lecenie-
termiceskih-ozogov-kozi-raznyh-stepenej-osnovnye-momenty") else { return }
                let svc = SFSafariViewController(url: url)
                strongSelf.present(svc, animated: true, completion: nil)
            }
            return cell
        case let .info(title):
            let cell = tableView.dequeueReusableCellWithClass(AnalisInfoCell.self, path: indexPath)
            cell.setupCell(title: title)
            return cell
        }
    }
}

```

ДОДАТОК Б. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ

Міністерство освіти і науки України,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова,
Українська технологічна академія,
Білоруський державний університет інформатики і радіоелектроніки,
Національний технічний університет України «КПІ імені Сікорського»,
Вінницький національний технічний університет,
Міжнародне відділення Інституту інженерів по електротехніці і радіоелектроніці IEEE



МАТЕРІАЛИ ХІХ науково-технічної конференції

Вимірювальна та
Обчислювальна
Техніка у
Технологічних
Процесах

Одеса 2019

**Міністерство освіти і науки України,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова,
Українська технологічна академія,
Білоруський державний університет інформатики і радіоелектроніки,
Національний технічний університет України «КПІ імені Сікорського»,
Вінницький національний технічний університет,
Міжнародне відділення Інституту інженерів по електротехніці і
радіоелектроніці IEEE**

ДЕВ'ЯТНАДЦЯТА
міжнародна науково-технічна конференція
**"ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ"**
(ВОТТП-19-2019)

Одеса 2019

УДК 681.2+004
B47

Склад організаційно-програмного комітету МІТК ВОТН 19-2019

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

П.П. Воробієнко - професор, д-т н., член-кор. НАН України, ректор «НІАТ (м.Од.)». *Почесна голова оргкомітету;*
С.В. Васілюк - професор, д-т н., директор Державного прес-інт Українського науково-технічного інституту радіо, телебачення та інформаційних систем. *Заступник голови оргкомітету;*
І.В. Трошин - професор, д-т н., академік УАА, академік МАІТ.

Члени оргкомітету:

Т.В. Корботько (Білорусія, Мінськ)
Бубуліс Алімантас (Литва)
Вільям Кей Джі (Республіка Корея)
Патрішвілі Тамар Мамісашвілі (Грузія)
М.Н. Гладков (National Instruments)
В.Б. Дуликевич (Україна, Львів)
Т.А. Цалієв (Україна, Одеса)
Е.О. Сукачов (Україна, Одеса)
М.П. Дивак (Україна, Тернопіль)
Жуковський Богдан (Польща)
В.Г. Зюренко (Україна, Київ)
С.М. Зленко (Україна, Вінниця)
В.Г. Калаш (Україна, Хмельницький)
В.А. Кантур (Україна, Одеса)
В.М. Кичак (Україна, Вінниця)
В.Г. Кондратов (Україна, Київ)
С.В. Коробко (Білорусія)
І.В. Кузьмін (Україна, Вінниця)
Я.І. Лепу (Україна, Одеса)
А.О. Мельник (Україна, Львів)
С.В. Павлов (Україна, Вінниця)

О.М. Петренко (Англія, Лондон)
С.К. Підченко (Україна, Хмельницький)
Попов Валентин (Німеччина)
О.П. Пушченко (Україна, Одеса)
В.П. Ройтман (Україна, Хмельницький)
О.П. Рогаченко (Україна, Вінниця)
В.В. Рогаченко (Україна, Хмельницький)
О.П. Рогаченко (Ізраїль, Єрусалим)
В.П. Тарасенко (Україна, Київ)
А.В. Ткачов (Україна, Луцьк)
Ю.М. Тух (Україна, Київ)
В.В. Сісак (Україна, Харків)
М.М. Сурду (Україна, Київ)
Н.М. Супрун (Україна, Львів)
О.П. Стахов (Канада)
В.І. Степанів (Україна, Сєвєродонецьк)
В.Ю. Цеткин (Білорусія, Мінськ)
О.Б. Шарпан (Україна, Київ)
К.І. Шевченко (Україна, Київ)
Mansurov Tofig, Mahmudov, (Азербайджан)

Докладати Оргкомітет Конференції

Сідені С.В. - голова оргкомітету, заступник директора із наукової роботи національного наукового інституту радіо, телебачення та інформаційних систем;
Підвисський В.В. - заступник голови, заступник директора із наукової роботи національного наукового інституту радіо, телебачення та інформаційних систем.

Члени національного організаційного комітету:

Гофатин О.В., д-т н., проф., завідувач кафедри телебачення та радіомовлення;
Ткаченко М.В., д-т н., проф., завідувач кафедри інформаційних систем та передачі даних;
Романовський М.В., к-т н., доц., завідувач кафедри систем електроніки та систем радіо зв'язу;
Попенко П.В., к-т н., доц., завідувач кафедри теорії електронних мікрохімічних АІ Жито;
Васарчук А.О., к-т н., заступник директора із наукової роботи національного наукового інституту радіо, телебачення та інформаційних систем;
Станкович С.В., к-т н., доц., кафедри інформаційних систем та передачі даних;
Клишніков В.В., к-т н., доц., кафедри інформаційних систем та передачі даних;
Севаст'янов С.О., ст. викл., кафедри інформаційних систем та передачі даних.

Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах - матеріали дев'ятнадцятої міжнародної науково-технічної конференції (м. Одеса, 14-17 червня 2019 р., м. Одеса), Одеська національна академія зв'язу ім. О.С. Попова - Одеса: ФОН Бондаренко М.О., 2019 - 104 с.

ISBN 978-617-7613-78-6

У збірнику опубліковані матеріали українських та зарубіжних авторів, які висвітлюють проблеми та аспекти використання вимірювальної та обчислювальної техніки в різних галузях економіки та технологічних процесах.

УДК 681.2+004

© Одеська національна академія зв'язу ім. О.С. Попова, 2019 р.

Печатано за гроші 11.05.2019

Формат 60×90/8. Папір офсетний. Друк зрізний. Тираж 1000. Укр. друкарня "Одеса-Літ" (Одеса).

Надруковано в ФОН Бондаренко М.О.

Надруковано за гроші за державні гроші (згідно з державною реєстрацією № 4653 від 13.07.2014 р. м. Одеса, вул. В.Аврамська, 160, т. +380 682 35 79 76, fon@fon.od.ua).

ЗМІСТ

№	ІПБ, назва тез	С.
1	Гасв Є.О. <i>Визначення теорії інформаційних процесів методом "класичної верифікації" в Matlab та Java</i>	6
2	Гофайзен О.В., Мазуркевич О.Ф. <i>Новий підхід до інтерпретації експериментальних даних для побудови ланцюгів калібрування, що оптимізують на застосування у відновлювальних</i>	8
3	Бабчук С. М. <i>Визначення впливу розвитку системи координат класифікаційних систем на відношення розподілу об'єктів калібрування</i>	10
4	Шевченко К.А., Яценко О.П. <i>Визначення ефективності паралельних мікрообчислювальних систем</i>	12
5	Вакарчук А.О., Смирчук А.О., Мугомб А.К. <i>Оцінка впливу зміни параметрів даних на якість покриття ланцюгів мережі радіобудівель</i>	14
6	Худенький І. Ю., Антонова-Рафі Ю. В., Федорюк Д. О. <i>Метричний аналіз системи підтримки прийняття рішень при проектуванні</i>	16
7	Броварєв О.О., Ковбаса В.П. <i>Технології підтримки прийняття рішень в умовах неопределенності при проектуванні технологічних процесів</i>	18
8	Гофайзен О.В., Пилявський В.В. <i>Структурний рівень калібрування та її застосування для керування калібром в технологічній та виробничій діяльності</i>	20
9	Кононов С. П., Григоренко М. А., Луцишин А. С., Білик О. Б. <i>Класифікація ланцюгів покриття частини на основі генератора графів</i>	23
10	Задунай О.С., Азаров І.С. <i>Особливості застосування інформаційних технологій</i>	25
11	Зайцев Є.О. <i>Розв'язання задачі оптимізації параметрів</i>	28
12	Зіненко І. І., П'янков В.П. <i>Визначення впливу параметрів системи на якість продукції з використанням математичних моделей</i>	30
13	Кольцова О.С., Маковеско Д.О., Виходєв О.А. <i>Оцінка покриття ланцюгів покриття частини на основі генератора графів у системі мережних даних з цифровими даними</i>	33
14	Сідень С.В., Маковеско Д.О., Фокін Р.А. <i>Використання адаптивних алгоритмів рішення для оптимізації даних в мережі H-TPR-1</i>	36
15	Скуратовський Р. В., Алас Вільямс <i>Метод підрахунку порівняння кривих і ліній на основі системи</i>	38
16	Дмитрієв В.Д., Закокоротний О.Ю., Леонів С.Ю., Глазчев Д.М. <i>Визначення мережі для пошуку функції верифікації, що оптимізує дані, дані, і параметри даних в ГТУ</i>	40
17	Осадчук О. В., Мартинюк В. В., Євсєєва М. В. <i>Визначення факторів впливу на ефективність системних процесів (систем, процесів) в системі управління</i>	43
18	Ніколаєва К. А., Штефур Ю.В. <i>Інформаційно-визначення системи управління характеристиками даних на основі системи управління</i>	45
19	Одогов М.А., Гордієнко О.О., Юр'єва О.В. <i>Метод оцінки характеристик складових системних процесів (систем, процесів) в системі управління</i>	47
20	Онуфрієнко В. М., Смирнова Т. І., Онуфрієнко А. М. <i>Визначення характеристик складових системних процесів (систем, процесів) в системі управління</i>	50
21	Онуфрієнко В. М., Шама Є. О., Онуфрієнко А. М. <i>Визначення характеристик складових системних процесів (систем, процесів) в системі управління</i>	52
22	Осадчук О.В., Осадчук В.С., Осадчук Я.О. <i>Визначення характеристик складових системних процесів (систем, процесів) в системі управління</i>	54

ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ХАРАКТЕРИСТИК ОПІКІВ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

¹Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

katya.d.nikolaeva@gmail.com

²Національний університет технологій та дизайну

yuliosa@gmail.com

Анотація. Розглядається актуальність використання технології штучного інтелекту при машинному навчанні при дослідженні типових характеристик опіків за допомогою їх зображень в тепловій інфрачервоному діапазоні. Показано можливість створення різних типів моделей, які можна надати алгоритмам з машинним навчанням для розв'язання конкретних поставлених задач. Визначено основні питання, які потрібно враховувати при створенні моделі машинного навчання.

Ключові слова: штучний інтелект, модель машинного навчання, нейронна мережа, Core ML, Create ML, зображення в тепловій інфрачервоному діапазоні.

¹Nikolaeva K., ²Shtefiura Yu.

INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS FOR EVALUATING THE CHARACTERISTICS OF BURNS ON THE BASIS OF TECHNOLOGY OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

katya.d.nikolaeva@gmail.com

²Kyiv National University of Technologies and Design

yuliosa@gmail.com

Abstract. The actuality of the use of artificial intelligence technology and machine learning for the achievement of automation in studying the types and characteristics of burns with the help of their images in the thermal infrared range is considered. It is established that it is possible to create different types of models that can provide algorithms with research data for studying specific tasks. The basic questions that need to be considered when creating a model of machine learning are determined.

Keywords: artificial intelligence, machine learning model, neural network, Core ML, Create ML, thermal infrared images.

Важливим завданням комбустології (розділу медицини, спрямованого на лікування опіків) є визначення глибини пошкодження тканини при термічних впливах. Це значною мірою обумовлює траєкторію лікування та вибірає перелік лікувальних процедур. На сьогоднішній день, в Україні відсутні засоби апаратурного визначення глибини опіків. Аналіз світового досвіду свідчить, що єдиним технічним засобом, що використовується для оцінки глибини опіків є тепловізійні пристрої, які за різницею поверхневої температури шкіряного покриву дозволяють визначати глибину опіку.

Штучний інтелект – розділ комп'ютерної лінгвістики та інформатики, унікальний продукт технічного прогресу, що дає змогу машинам вчитися, використовуючи людський і власний досвід, пристосовуватися до нових умов в рамках свого застосування, виконувати завдання різного типу, які тривалий час були під силу лише людині, пропонує нові й оптимізує ресурси ринкового характеру [1].

В наш час відбулося дуже багато великих і цікавих досягнень в області створення моделей штучного інтелекту, особливо в сфері моделювання біологічних систем. В останній час з'являється все більше інформації про так звані нейронні мережі, які незабаром знайдуть активне застосування в роботехніці, машинобудуванні і в багатьох інших сферах людської діяльності. Нейронні мережі – це один з напрямків наукових досліджень в галузі створення штучного інтелекту, в основі якого лежить прагнення імітувати нервову систему людини. До цього також входить її здатність до самонавчання і виправлення помилок. Нейронні мережі використовуються для розв'язання нечітких і складних проблем, таких як розпізнавання геометричних фігур чи кластеризація об'єктів [2].

Завдан розпізнавання об'єктів вже частково розв'язуються в рамках інших напрямків. До цього можна віднести розпізнавання символів, рукописного тексту, мови, аналіз текстів. Також слід згадати комп'ютерне бачення, яке напрямку пов'язане з машинним навчанням та сферою роботехніки [3].

Машинне навчання реалізує в собі математичну статистику, методи оптимізації та класичні математичні дисципліни, але також має і власну специфіку, що пов'язана з проблемами обчислювальної ефективності. Існує багато методів індуктивного навчання, які розроблялися в якості альтернативи для класичних статистичних підходів. Велика кількість таких методів дуже тісно пов'язані з витягом інформації та інтелектуальним аналізом отриманих даних.

Машинне навчання – це не тільки математична, а й практична та інженерна дисципліна. Чиста теорія, як правило, не приносить відразу до методів і алгоритмів, які можна застосовувати на практиці. Щоб змусити їх добре працювати і виконувати поставлені задачі, доводиться винаходити додаткові евристичні, що компенсують невідповідність принципу, зроблених в теорії, для їх оптимального використання в умовах реальних завдань. Практично жодне дослідження в машинному навчанні не обходиться без експерименту на модельних або реальних даних, що підтверджує практичну прицельність методу.

Ідеологія машинного навчання являє собою тип штучного інтелекту, де комп'ютери «навчаються», не будучи явно запрограмованими. Замість кодування алгоритму, засоби машинного навчання дозволяють комп'ютерам розробляти і вдосконалювати алгоритми, знаходити моделі в величезних обсягах даних.

Машинне навчання сьогодні використовують великі компанії для прийняття кращих бізнес-рішень на основі історичних даних, використовуючи глибокі алгоритми навчання для виявлення закономірностей та кореляцій, що дозволяють краще прогнозувати майбутнє.

Для вирішення проблеми автоматизації аналізу та оцінки характеристик оптики було створено модель машинного навчання на базі використання фреймворку, що забезпечує функції машинного навчання і комп'ютерного зору в операційній системі iOS, який має назву Core ML.

Core ML – це механізм машинного навчання, який використовується в продуктах Apple (macOS, iOS, watchOS і tvOS) для швидкого прогнозування або вистовку з легкою інтеграцією попередньо навчених моделей машинного навчання, що дозволяє виконувати прогнози в реальному часі зображень або відео на пристрої [4]. Інтеграція зі штучним інтелектом може реалізовувати величезні можливості в існуючих додатках, таких як використання аналізу мови, комп'ютерного зору, обробки природної мови, автоматичних відповідей і багато іншого.

Перевага Core ML в порівнянні з іншими рішеннями полягає в тому, що Apple оптимізувала машинне навчання для роботи на пристрої, що означає зменшення споживання енергії пам'яті та зменшення затримки. Це також містить інформацію про користувача в пристрої, покращуючи конфіденційність.

Create ML – це новий фреймворк, який допоможе вам легко створювати моделі машинного навчання за допомогою Swift та Xcode. Призначений для простоти та продуктивності у використанні Create ML дозволяє використовувати в якості вхідних даних зображення, тексти і структуровані об'єкти – наприклад, таблиці [5].

Грунтуючись на машинному навчанні, передбачає надання алгоритму з навчальними даними для вивчення. Модель машинного навчання – це артефакт навчання, а тип моделі залежить від того, що ви хочете передбачити. Для того, щоб модель була корисною, вона повинна бути навчена розпізнавати дані як інформацію, яку вона може згодом використовувати, щоб затверджувати прогнози з відповідним алгоритмом.

Для вирішення проблеми у ході роботи було створено модель, яка здатна аналізувати види та характеристики оптики та допомогти їх зображати в тепловому інфрачервоному діапазоні. Такі зображення дозволяють пролити огляд, підсвітити місце розташування об'єктів та можливість розпізнавати їх форми, і проводити радіометричні вимірювання, пов'язані з визначенням температур поверхні об'єкта контролю. Модель навчається на даних, для використання даної технології було реалізовано мобільний додаток для операційної системи iOS на мові програмування Swift, за допомогою якого можна аналізувати зображення з мобільного телефону або безпосередньо використовувати його камеру. Підготовлена і задалається навчена модель інтегрується у спеціально розроблений зручний мобільний інтерфейс для подальшого її використання з досліджуваними тестовими зображеннями. Таким чином діагностика стану оптики набуває нового рівня ефективності.

Core ML – це дуже потужним інструментом і добре інтегрується з іншими механізмами машинного навчання від Apple. Це дуже зручна система, на базі якої можна легко додавати функції комп'ютерного бачення та машинного навчання до будь-якого додатку.

Актуальність даного рішення полягає в тому, що на даний момент не має зручного і швидкого методу точної оцінки ступеню і характеристик оптики і тому розроблений мобільний додаток і чудового сучасного альтернативного існуючим методам аналізу. Представлене дослідження має цінність для використання даної технології в медицині, а також в інших сферах аналізу та обробки даних, отриманих шляхом навчання моделі для створення власної нейронної мережі.

Література

1. Глибовець М. М., Оленякий О. В. Штучний інтелект. — Київ: «Києво-Могилянська академія», 2002. — 304 с. — ISBN 966518151X (укр.)
2. «Інженерська кібернетика»: надвидання ред. В. Глушкова, 2 т., 1973 (укр.)
3. Засоби штучного інтелекту: навч. посіб. / Р. О. Іванченко, П. О. Кустур, О. М. Наумов, С. В. Подишук. — М.: Інститут науки України, Нац. ун-т «Давид політехніка». — Львів: Вид-во Львів політехніка, 2014. — 204 с. — Бібліогр. с. 200 (11 назв). — ISBN 978-617-607-692-6.
4. Core ML. Apple Developer Documentation. Режим доступу: <https://developer.apple.com/documentation/coreml>
5. Create ML. Apple Developer Documentation. Режим доступу: <https://developer.apple.com/documentation/createml>

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕНЕДЖМЕНТУ І МАРКЕТИНГУ



Інженерна Компанія
ТЕХНОПОЛІС



*XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів,
аспірантів та молодих вчених*

"ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ"

10-11 грудня 2019 р.
м. Київ, Україна

Збірник праць конференції



КИЇВ 2019

УДК 621:537

Загальною метою конференції є спілкування студентів та аспірантів з питань ефективності перспективних розробок, нових рішень в приладобудуванні. Збірка містить 136 статей за результатами наукових та практичних досліджень з актуальних проблем автоматизації та приладобудування. Розраховано на аспірантів та студентів старших курсів з спеціальностей «Автоматизація та приладобудування» і «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Адреса Оргкомітету конференції:
03056, Київ-56, пр. Перемоги, 37, корпус 1, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Приладобудівний факультет, 1720.

Рекомендовано до публікації на засіданні Організаційного комітету конференції та Вченої Ради ПБФ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол №10/19 від 25.11.2019 р.).

Відповідальний редактор – С.Л. Лакоза – к.т.н., доц.
Матеріали представлені в авторській редакції.

ISBN 978-611-01-1689-3

Збірник праць XV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ”, 10-11 грудня 2019 р. — К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Центр учбової літератури. – 2019. – 546 с.

Видано на замовлення Приладобудівного факультету Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

<i>Д.Ю. Мержигівська, студентка гр. ПВ-91мп, В.В.Калюжна, студентка гр. ПВ-91мп, к.т.н., доц. Павлишин М.М.</i>	
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНЦЕНТРАЦІЇ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ.....	468
<i>М.В. Некрасова, студентка гр. ВВ-81мп, к.т.н., ст.викл. Морозова М.М.</i>	
ТЕНЗОРЕЗИСТИВНИЙ МЕТОД ТА ЗАСОБИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ	471
<i>Panasenko M.P. student gr. VM-61, Mokiichuk V. M. Associate professor</i>	
SENSORS FOR MONITORING WATER QUALITY	475
<i>О. Є. Сухорукова, студентка гр.ПВ-91мп, д. т. н., проф. Єременко В. С.</i>	
СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ЗАЗОРУ ГІДРОГЕНЕРАТОРІВ З ЄМНІСНИМИ СЕНСОРАМИ	479
<i>О. В. Учкін, студент гр. ВВ-81мп, к.т.н., доц. Мокійчук В. М.</i>	
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВІБРОАКУСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ЗОНИ	483
<i>А. Г. Шумілін, студент гр. ПВ-91МП, д.т.н., проф. Яремчук Н. А.</i>	
СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ТЕНДЕНЦІЇ ВИБРОК ВЕРБАЛЬНИХ ДАНИХ.....	487

СЕКЦІЯ 11. АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

<i>Т.І. Антіфеев, студент гр. ВА-81мп, Є.Т. Володарський д.т.н, професор</i>	
СТАТИСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ РОЗЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	492
<i>Войтюк А.К., студент гр. ВА-81мп, д.т.н., доц. Шевченко К.Л.</i>	
ІМІТАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ.....	495
<i>Ю.В. Іванченко, студент гр. ВА-81мп, к.т.н., доц. Стаценко О.В.</i>	
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ШУМУ В ПРИМІЩЕНІ	498
<i>Є.О. Кириленко, студент гр. ВМ-61-2, д.т.н., доц. Шевченко К. Л.</i>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ВИМІРЮВАЧІВ ПИЛУ У ПОВІТРІ.....	502
<i>В.В. Куліченко, студент гр. ПА-81, к.т.н., доц. Ю.С. Шумков</i>	
АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНИМИ СПЛАЙНАМИ.....	506
<i>С.А. Левицький, аспірант, д.т.н., проф. Шевченко К.Л.</i>	
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГРУДНОЇ КЛІТКИ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ПАРАМЕТРІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ГЕМОДИНАМІКИ ЗА ЗМІНОЮ БІОІМПЕДАНСУ	510
<i>К.М. Мостепан, студент гр. ВМ-61-2, д.т.н., доц. Шевченко К.Л.</i>	
ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ДЕРЕВИННО-СТРУЖКОВОЇ ПЛИТИ НВЧ РЕЗОНАНСНИМ МЕТОДОМ	514
<i>К.Д. Ніколаєва, студентка гр. ВА-81мп, д.т.н., доц. Шевченко К.Л.</i>	
ТЕРМОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	518
<i>Панченко В.В. студент гр.ВА-81мп, д.т.н., проф. Туз Ю.М.</i>	
ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ НА БАЗІ СВІТЛОЧУТЛИВОЇ МАТРИЦІ	522

УДК 616-001.17

*К.Д. Ніколаєва, студентка гр. ВА-81мп, д.т.н., доц. Шевченко К.Л.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ТЕРМОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. Розглядається проблема діагностики характеристик опіків та альтернативні методи для покращення їх аналізу за допомогою використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання. З'ясовано, що можна створити систему для безконтактного аналізу ураженої опіками шкіри на основі використання інфрачервоної термографії. Визначено основні питання які потрібно враховувати при створенні моделі машинного навчання.

Ключові слова: опіки, термометрія, штучний інтелект, модель машинного навчання, нейронна мережа, Core ML, Create ML.

ВСТУП

Опіки - комплексна травма внаслідок високотемпературного, хімічного, електричного або радіаційного впливу на тіло, яке руйнує і / або пошкоджує шкіру і підлеглі тканини. Опікова хвороба - складний симптомокомплекс, пов'язаний зі значною втратою шкірних покривів (викликаний термічним, хімічним, електричним або променевим впливом), що характеризується наявністю загальних реакцій організму і порушенням функції внутрішніх органів з можливістю розвитку незворотних патологічних процесів [1].

Важливою задачею діагностики тяжкості травми при опіках є визначення площі і глибини ураження на початковому етапі опікової хвороби, тобто в перші години після отримання травми. Оцінка площі опікового ураження на даний час не є проблемою, відомо багато методів її визначення. Але, стосовно оцінки глибини уражених тканин, ситуація зовсім інша. Не дивлячись на велику кількість запропонованих методів апаратної оцінки глибини опікових уражень [1], в медичній практиці і досі застосовуються застарілі методи.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ОЦІНКИ ГЛИБИНИ ОПІКОВИХ УРАЖЕНЬ

Розрізняють опіки поверхневі (I, II, III а ступені) і глибокі (IIIб і IV ступеня) [2]. Перш за все, це обумовлено використанням різних підходів до лікування наслідків опікових уражень. Так, при поверхневих опіках можливе відновлення шкірного покриву шляхом самостійної епітелізації. При глибоких опіках необхідно обирати медикаментозні або хірургічні способи лікування. Зазвичай зустрічається поєднання поверхневих і глибоких опіків, тому важливо якомога раніше визначити глибину ураження.

Визначити глибину ураження можна шляхом висмикування на ділянці опіку окремих волосся [2]. У разі поверхневих опіків волосся видаляються з працею і епіляція супроводжується болем. При глибоких опіках волосся висмикуються легко і безболісно.

В деяких випадках використовують методи прижиттєвого фарбування [2]. Барвники можуть наноситися на опікову поверхню або внутрішньовенно. По фарбуванню визначають глибину ушкодження. Широкого поширення ці методи не отримали. Однією з причин є те, що зміна забарвлення перешкоджає подальшому спостереженню за поверхнею опіку.

XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Візуалізація глибини ураження іноді здійснюється методом флюоресценції [3]. Суть його полягає в тому, що хворий приймає окситетрациклин, який розповсюджується з кров'ю по всьому тілу. Через годину зону опіку опромінюють кварцовою лампою. Ділянки з поверхневими опіками світяться жовтим кольором. У зоні глибоких пошкоджень світіння відсутнє.

Запропоновано і інші методи для раннього виявлення ділянок некрозів: визначення опору тканин електричного струму, гістологічні дослідження, вимірювання рН шкіри [3]. Однак все ж основним способом визначення глибини і досі залишається клінічне обстеження і подальше спостереження.

Спираючись на методи клінічного обстеження, вже в ранні терміни вдається встановити наявність і відсутність глибоких опіків. Однак достеменно визначити межі глибокого ураження неможливо. Тому вони уточнюються в процесі лікування.

Найбільш перспективним апаратним методом діагностики глибини опіків є метод термометрії [3]. Ідея його використання базується на вимірюванні різниці поверхневої температури на ділянках з різною глибиною ушкодження. Відомо, що у місцях глибоких опіків (IIIб, IV ступеня) температура поверхні шкіри на 1,5 ... 2,5 ° С нижче ніж на ділянках поверхні опіків (I, II, IIIа ступеня).

Інфрачервона термографія, теплове зображення або теплове відео - це науковий спосіб отримання термограми, яка являє собою зображення в інфрачервоних променях та показує картину розподілу температурних полів. Для виявлення випромінювання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра, яке приблизно дорівнює 900-14000 нанометрів, використовують термографічні камери або тепловізори, які на основі цього випромінювання створюють зображення, що дозволяють визначити зони з максимальними та мінімальними значеннями температури [10].

Основною проблемою використання такого методу є складність диференціації глибини опіку навіть при наявності візуалізованої картини розподілу температур в зоні опіку. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є використання комп'ютерної обробки цифрових зображень, яка дозволяє робити висновок про стан опіку на основі аналізу бази з попередньо завантажених зображень [5].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення задачі розпізнавання ступеню опікових уражень авторами використано технологію штучного інтелекту та запрограмовано мобільний дотаток для операційної системи iOS, за допомогою якого відбувається аналіз глибини опіку на основі його теплового зображення.

Core ML - це система машинного навчання, що використовується в продуктах Apple (macOS, iOS, watchOS і tvOS) для швидкого прогнозування або висновку з легкою інтеграцією попередньо навчених моделей машинного навчання на межі, що дозволяє виконувати прогнози в реальному часі живих зображень або відео на пристрої.

Create ML - це абсолютно новий спосіб навчання спеціальних моделей машинного навчання. Він пропонує надзвичайно спрощений досвід навчання моделі з використанням нового, прямого робочого процесу

Тренінг моделей машинного навчання передбачає надання алгоритму ML з навчальними даними, з яких слід вчитися. Модель машинного навчання - це артефакт навчання, а тип моделі залежить від того, що ви хочете передбачити.

Нейронна мережа проводить пошук базових характеристик на основі отриманих зображень. Беручи на вхід початковий масив пікселів, вона послідовно пропускає інформацію через групи згортальних шарів і будує все більш складні абстракції. На кожному наступному шарі вона вчиться виділяти певні ознаки - спочатку це лінії, потім набори ліній, геометричні фігури, частини тіла, і так далі. На останньому шарі ми отримуємо висновок класу або групи ймовірних класів.

У разі ж Create ML навчання нейронної мережі не проводиться з нуля. Фреймворк використовує попередньо навчену на величезному наборі даних нейронну мережу, яка вже включає велику кількість шарів і має високу точність.

Для вирішення проблеми аналізу уражень шкіри уже заздалегідь навчена машинна модель інтегрується в мобільний додаток, написаний на мові програмування Swift, та при завантаженні нових теплових зображень з високою точністю може визначити усі характеристики опіку. Таким чином процес діагностики, та, відповідно, вибір правильного підходу до способу надання медичної допомоги стає швидшим, кращим та прогресивнішим порівняно з уже відомими методами.

ВИСНОВКИ

Інфрачервона термографія знайшла дуже велику область застосування в таких областях, як моніторинг умов, медична візуалізація, нічне бачення, дослідження, управління процесом, неруйнівний контроль, спостереження в області забезпечення безпеки, правоохоронної діяльності та захисту, хімічна візуалізація.

Сучасна наука знаходить все нові області, в яких може застосовуватися штучний інтелект, що робить комп'ютерні технології ще більш просунутими та корисними для суспільства. За великим рахунком, саме штучний інтелект, впроваджений в різні сфери діяльності, може прискорити їх розвиток, а деякі навіть вивести на абсолютно новий рівень.

На сьогодні майже кожна людина в певний момент свого життя страждала від термічного, хімічного або сонячного опіку. Для діагностики стану пошкодження біологічних тканин та формалізації класифікаційних ознак ступеню опіку найкращим рішенням буде використання термометричного методу у поєднанні з технологією штучного інтелекту.

Актуальність запропонованого рішення полягає в тому, що на сьогодні не існує зручного і швидкого методу точної оцінки ступеню і характеристик опіку і тому розробка мобільного додатку з заздалегідь навченою машиною моделлю являє собою чудову сучасну альтернативу існуючим методам аналізу.

XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ», 10-11 грудня 2019 року, КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Метою даного дослідження є пошук вдосконаленого рішення для безконтактного аналізу характеристик глибини ураженої опіками шкіри.

Представлене дослідження має велику цінність для використання запропонованої технології в медицині, а також в інших сферах аналізу та обробки даних, отриманих шляхом навчання моделі для створення власної нейронної мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] «Організація екстреної медичної допомоги населенню при стихійних лихах та інших надзвичайних ситуаціях». / Под ред. В. В. Мешкова. - М.: Медицина, 1991. - 208 с.
- [2] Хушкадаіов З.К. «Патоморфологічні зміни зовнішніх тканин і внутрішніх органів при термічній травмі» / З.К. Хушкадаіов, Ю.І. Піголкін, С.С. Курбонов, Х.М. Мірзоєв // Вісник Академії наук Республіки Таджикистан. - 2008. - №4. - С. 78-83. Бігуняк В.В. Термічні ураження / В.В. Бігуняк, Н.Є. Повстяной. -Тернопіль.: Укрмедкнига, 2004. -196 с.
- [3] Вихор Б.С., Бурмістров В.М. Опіки. Л. 1981.; Кузин М.П., Сологуб В.К., Юденич В.В. «Опікова хвороба». М. 1982.; Баткин А.А., Розін Л.Б. Протишокова терапія. гл. 5. Керівництво Опіки. изд 2, ред. Б.С.Віхрієв, В.М.Бурмістров 1986, с.70-79.
- [4] Ллойд, Дж. «Системы тепловидения». – М. : «Мир», 1978.
- [5] Ніколаєва К. Д., Штефура Ю.В. Інформаційно-вимірювальна система оцінки характеристик опіків на базі технологій штучного /Матеріали ХІХ міжнародної науково-технічної конференції «Вимірювальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах». Одеса, 14-17 червня, 2019, с. 45-46.

Наук. керівник – д.т.н., проф. Шевченко К.Л.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО

СЕРТИФІКАТ
УЧАСНИКА

Цей СЕРТИФІКАТ підтверджує, що

Николаєва Катерина

приймав/приймала(-ли) участь у __ Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», що проходила _____ 20__ р. та опублікував/ла в друкованому збірнику праць конференції статтю на тему: Периметрична система сигналізаційного управління на базі технології штучного інтелекту

Голова Програмного комітету:
д-р техн. наук, професор,
декан ПФФ

 Т.С. Милиук

Голова Організаційного комітету:
канд. техн. наук, доцент,
заст. декана ПФФ

 С.М. Лакоза

